

Gruber, Dietmar Ing.

**Virtualisierungslösungen für Klein- und  
Mittelständige Unternehmen (KMU)**

eingereicht als

**DIPLOMARBEIT**

an der

**HOCHSCHULE MITTWEIDA (FH)**

---

University of Applied Sciences

Fachbereich Technische Informatik

Bärnbach, Mai 2009

Erstprüfer: Prof. Dr. Ing. Wilfried Schmalwasser

Zweitprüfer: Mag. Franz Halmenschlager

### Bibliographische Beschreibung:

Gruber, Dietmar:

Virtualisierungslösungen für Klein- und Mittelständige Unternehmen (KMU).

–2008.–151 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), Fachbereich Technische Informatik,  
Diplomarbeit, 2009

### Referat:

Das Ziel der Diplomarbeit ist es, ein Konzept einer Virtualisierungslösung für „Klein- und Mittelständige Unternehmen“ (KMU) mit gängigen Virtualisierungstechniken zu erstellen, welche den immer höher werdenden Anforderungen in diesem Umfeld gerecht werden um dabei den größtmöglichen Nutzen aus der Virtualisierung zu ziehen. Diese Arbeit erläutert im ersten Abschnitt die Grundlagen der Virtualisierung und deren Arten. Der zweite Abschnitt umfasst die Verfahren zur Ermittlung des sinnvollen Einsatzes von Virtualisierung über die Ist-Erhebung, Kundenbefragung, Ressourcenbedarfsermittlung und daraus resultierender Spezifikationen der Lösung. Der praktische Teil beinhaltet die Evaluierung marktrelevanter Virtualisierungsprodukte, Tests, Analysen und Leistungsmessungen sowie daraus gewonnene Erkenntnisse und Ergebnisse, die im letzten Teil in eine Bewertung in Bezug auf zuvor definierte Anforderungen einfließen und in einen Lösungsvorschlag münden.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	6
1.1	Nutzen von Virtualisierungslösungen.....	7
1.2	Ausgangssituation .....	9
1.3	Problemstellung, Anforderungen an die Lösung.....	10
1.4	Zielsetzung .....	11
1.5	Aufbau, Gliederung der Arbeit .....	14
2	Grundlagen .....	16
2.1	Begriffsdefinitionen .....	16
2.2	Interne Mechanismen .....	18
2.2.1	Betriebssystemgrundlagen .....	18
2.2.2	Virtualisierungstheorie .....	19
2.2.3	Virtualisierung der x86 Architektur und Erweiterung.....	23
2.3	Virtualisierungsarten .....	25
2.3.1	Systemvirtualisierung (Host Based, Vollvirtualisierung).....	25
2.3.2	Paravirtualisierung .....	27
2.3.3	Betriebssystemvirtualisierung .....	29
2.3.4	Weitere Virtualisierungsmethoden .....	30
2.4	Speichergrundlagen (Storagegrundlagen).....	30
2.5	Ziele und Erfolgspotentiale .....	32
2.5.1	Allgemeine Überlegungen, Vorgehensweise .....	32
2.6	Abgrenzungen .....	34
3	Ablauf zur Ermittlung von geeigneten Virtualisierungslösungen in KMU's .....	35
3.1	Firmenprofil des Beispielbetrieb, Ausgangssituation .....	36
3.2	Ist-Erhebung, Ist-Situation .....	36
3.3	Kundenbefragung .....	40
3.4	Ressourcenbedarfsermittlung .....	42
3.5	Kapazitätsplanung der Virtualisierungsplattform.....	43
3.6	Empfehlungen an die Hardwareplattform .....	44
3.7	Spezifikation der Virtualisierungslösung .....	46
3.8	Testplattformbeschreibung .....	49
4	Virtualisierungsprodukte .....	52
4.1	Microsoft .....	52

4.1.1	Microsoft Virtual Server 2005R2 .....	52
4.1.2	Microsoft Hyper-V Server 2008.....	55
4.1.3	Microsoft Windows Server 2008 mit Hyper-V Enterprise Edition x64 .....	59
4.2	VMware.....	60
4.2.1	VMware Server 2.0 unter Debian 4.0 Linux .....	60
4.2.2	VMware ESXi 3.5.....	64
4.2.3	VMware Infrastructure 3 mit ESX 3.5.....	67
4.3	XEN .....	73
4.3.1	Citrix XenServer 5.0.....	74
4.4	Parallels Virtuozzo Containers 4.0.....	80
4.5	Speichervirtualisierung (Storagevirtualisierung) .....	83
4.5.1	Openfiler .....	85
4.5.2	Weitere Speichervirtualisierungsprodukte .....	88
4.6	Konvertierungs-, Migrations-Werkzeuge:.....	89
4.6.1	Platespin PowerConvert 7.0: .....	89
4.6.2	Vizioncore vConverter 4.0: .....	89
4.6.3	Acronis TrueImage Echo Server 9.5:.....	90
4.6.4	VMware vCenter Converter 3.0.3, 4.0: .....	91
4.6.5	XenSource Virtual Disk Migration Utility 1.3.4: .....	92
4.6.6	Citrix XenServer Boot-CD (P2V):.....	93
4.6.7	Citrix XenConvert 1.1.....	93
5	Leistungen .....	94
5.1	Leistungsmessung (Performancemessung) von Virtualisierung.....	94
5.2	Sicherungsstrategien (Backuplösungen) für KMU's .....	95
5.2.1	Sicherungs IST-Zustand des Beispielbetrieb.....	97
5.2.2	Sicherungs SOLL-Zustand (des Beispielbetrieb, KMU's).....	97
5.3	Bewertungsmatrix der Virtualisierungsprodukte .....	99
5.4	Produktbewertung und Betrachtungen .....	101
5.4.1	Ausscheidung von Produkten .....	101
5.4.2	Betrachtungen .....	102
6	Virtualisierungslösung.....	107
6.1	Lösungsvorschlag.....	107
6.2	Umsetzung der Virtualisierungslösung .....	111



---

7	Zusammenfassung .....	114
7.1	Trends, Ausblicke .....	115
	Abbildungsverzeichnis .....	117
	Abkürzungen .....	119
	Literaturverzeichnis .....	121
	Anhänge .....	133
Anhang 1:	Ist Aufnahme-Checkliste (Beispielbetrieb) .....	133
Anhang 2:	Kundenbefragung/Erhebungsbogen .....	135
Anhang 3:	Ist-Aufnahme-Checkliste Schätzung der Engpässe in den nächsten 3 Jahren (Beispielbetrieb).....	138
Anhang 4:	Platespin PowerRecon Inventory Edition 3.3.0.2626 (Beispielbetrieb) .....	139
Anhang 5:	Sicherungs-Skript für VM`s des MS Virtual Server 2005 .....	142
Anhang 6:	Shutdown Skript für VM`s auf MS Virtual Server 2005 .....	143
Anhang 7:	Restart-Skript für VM`s auf dem MS Virtual Server 2005R2 .....	143
Anhang 8:	Sicherungs-Skript der VM`s des VMware ESXi-Host.....	144
Anhang 9:	Sicherung der laufenden VM`s des VMware ESX-Hosts mit VMBK (manuell und automatisch) .....	145
Anhang 10:	Sicherung der VM`s und Host-Metadaten des Citrix XenServers .....	147
Anhang 11:	Leistungsmessungen der Virtualisierungslösungen .....	148
	Selbstständigkeitserklärung .....	151

# 1 EINLEITUNG

Das Thema „Virtualisierung“ ist in aller Munde. Es hat sich in den letzten Jahren zu einem immer wichtigeren und nicht mehr wegzudenkenden Bestandteil der Informationstechnologie (IT) entwickelt.

Virtualisierungstechniken, bereits in den 70er Jahren auf Mainframe Systemen eingesetzt, finden seit Ende der 90er Jahre durch zahlreiche Softwarehersteller und deren umfangreichen Produkten auf x86 Systemen regen Zuspruch.

Dieser Trend hält unvermindert an, und schon in naher Zukunft, werden laut Gartner Analyst Report virtualisierte Serversysteme mit integrierten Virtualisierungstechniken den Hauptanteil der Serverlandschaft einnehmen. [1] [2]

Dieser Konsolidierungstrend führt dazu, dass dem immer wichtiger werdenden ökologischen Gedanken („Green IT“) Rechnung getragen wird; der sparsame und verantwortungsvolle Umgang mit vorhandenen Ressourcen rückt in den Vordergrund.

Das trifft nicht nur auf Großbetriebe [3] [4] zu, die schon seit geraumer Zeit überwiegend Virtualisierungslösungen einsetzen, sondern vor allem auch Klein- und Mittelständige Unternehmen (KMU) [5] die auf diesem Gebiet einen Nachholbedarf haben.

In meiner Arbeit befasse ich mich speziell mit dem Aspekt des sinnvollen Einsatzes in diesem KMU-Umfeld. In der in KMU's meist anzutreffenden, konventionellen, nicht virtualisierten Umgebung, befinden sich oft mehrere Server, die ihre Arbeit meist unausgelastet verrichten. Öfters trifft man aber auch nur wenige Server an, auf denen zahlreichste Dienste bzw. Programme installiert sind, diese dann sehr ausgelastet sind und durch auftretende Wechselwirkungen oft instabil laufen.

Beide Szenarien sind nicht wünschenswert, wobei es im Besonderen zu Problemen bei der Wartbarkeit, Verfügbarkeit, Skalierbarkeit, Sicherheit und Auslastung kommen kann. Meist sind auch die verantwortlichen Personen in den KMU's, wenn es diese überhaupt explizit gibt, mit der Komplexität überfordert und wollen einfach nur ein stabiles, und vor allem leicht zu wartendes System. (siehe Abbildung 1)

Diese mittel- und längerfristigen Herausforderungen der KMU's werde ich unter dem Gesichtspunkt des sinnvollen Einsatzes der derzeitig vorhandenen Virtualisierungslösungen aufgreifen um die optimale Lösung für die jeweiligen Bedürfnisse zu finden. [6]

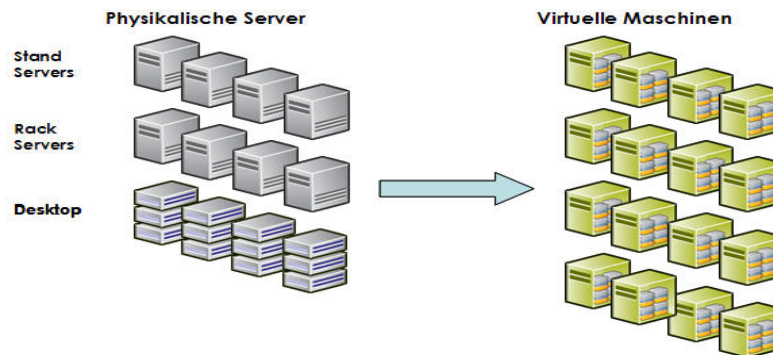


Abbildung 1: Thematik Virtualisierung (Platespin) [32]

## 1.1 Nutzen von Virtualisierungslösungen

Worin liegen nun die Vor- bzw. Nachteile durch den Einsatz von Virtualisierungslösungen?

Heute ist die primäre Intention für den Einsatz von Virtualisierungslösungen vor allem aus betrieblicher Sicht in der erhofften Kostenersparnis sowie eine verbesserte Auslastung der vorhandenen oder zukünftigen Infrastruktur zu sehen, damit die Betriebskosten der angebotenen Dienste insgesamt sinken.

Dadurch dass man an die Hardware-Umgebung nicht mehr gebunden ist, lassen sich neue Systeme viel schneller in Betrieb nehmen, umfangreiche Testumgebungen aufbauen, die Virtuellen Maschinen (VM) einfacher sichern, klonen, wiederherstellen, umziehen etc., was zu einem besseren und flexibleren Produktionsablauf führen kann.

Auch die daraus resultierende Energieersparnis (Strom, Kühlung/Klima) ist in der heutigen Zeit ein nicht zu unterschätzender, meist ausschlaggebender Grund zum Einsatz einer Virtualisierungslösung.

Der große Vorteil der Hardwareunabhängigkeit, welche im Host steckt, ermöglicht weiters den Einsatz von älteren Betriebssystemen die z.B. vom Hersteller nicht mehr gewartet werden (z.B. MS NT 4.0, Netware 3.11). [7]

Durch die Virtualisierung sich eventuell ergebende Nachteile sollten nicht unter den Tisch fallen gelassen werden, sondern sind im Vorfeld der Planung zu beachten.

Insbesondere ist auf eine redundante Hardwareauslegung der Serverplattform zu achten, da die Konzentration vieler einzelner Systeme (VM) auf einem großen Server („Single Point of Failure“) bei dessen Ausfall ein Vielfaches an Anwendungen/Dienste lahm legen würde im Vergleich zu einem konventionellen Umfeld.

Allerdings sind meist die Kosten die für eine redundante Auslegung, Absicherung und Betrieb weniger großer Server geringer als die Kosten die aufgewendet werden müssen,

um zahlreiche Einzelsysteme mit einer vergleichbaren Sicherheit zu betreiben bzw. zu warten. [8]

Durch umsichtige Kapazitätsplanungen können eventuelle Überlastungen und Performanceprobleme der Zielplattform schon im Vorfeld eingeschränkt werden. Eine effektive Arbeitslast-Verwaltung (Workload-Management) hilft um bestimmte SLA's der laufenden Systeme einzuhalten. Der Verlust an Rechenleistung durch den Verwaltungsaufwand ist durch Einsatz von schnellerer Hardware meist zu verschmerzen.

Obwohl es des Öfteren propagiert wird [9], ist der Verfasser der Meinung, dass die Virtualisierung an sich kein „wundersames Allerheilmittel“ ist, sie aber einen sehr wesentlichen Aspekt zur IT-Landschaftsgestaltung beitragen kann.

Die Wartung der einzelnen virtualisierten Betriebssysteme durch Einspielen von Sicherheits-Patches/Updates bleibt einem ja nicht erspart, geschweige denn die z.B. übergeordnete Verwaltung und Administration der Lösung, welche in Zukunft immer wichtiger werden und schon jetzt z.B. bei VMware den Großteil der Einnahmen ausmacht. [10] Eine eventuelle sinnvolle Kombination der verschiedenen Techniken (siehe Kapitel 2) scheint eventuell als überlegenswert, auf der anderen Seite ist der Support durch einen Hersteller bzw. die gesamte, homogene Verwaltung (Management) der Lösung als sehr wichtig anzusehen.

Zusammenfassend gesagt erreicht man folgenden Nutzen (Vorteile) aus dem Einsatz von Virtualisierungslösungen: (siehe Abbildung 2)

- Bessere Auslastung der vorhandenen Plattform
- Schnelle Inbetriebnahme von Virtuellen Maschinen
- Einfache Sicherung und Portierung der Virtuellen Maschinen
- Energieersparnisse/Kostensenkung durch insgesamt geringeren Strom- und Klimabedarf
- Weitgehende Hardwareunabhängigkeit vom Host-System
- Weniger Hardwarebedarf durch eine geringere Anzahl starker Server

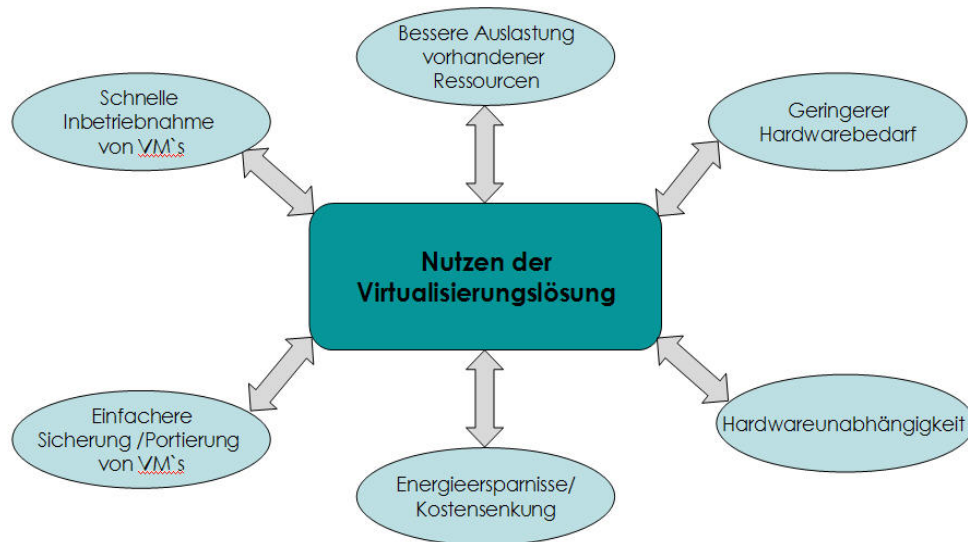


Abbildung 2: Nutzen / Vorteile der Virtualisierung

## 1.2 Ausgangssituation

Der Verfasser zieht einen KMU-Beispielbetrieb [24] heran, bei dem eine Virtualisierung zum Einsatz kommen soll. Für andere Betriebe mit ähnlicher Ausgangssituation ist die Einführung von Virtualisierung ebenfalls ein aktuelles Thema. [4]

Diesen Beispielbetrieb kennzeichnet vor allem ein rasches Mitarbeiter/Innen-Wachstum von ca. jährlich 10 – 15% in den letzten Jahren. Bei gleich anhaltendem Wachstum in den nächsten Jahren muss auch die IT-Landschaft mit einer hohen Verfügbarkeit mitwachsen. Der Beispielbetrieb hat mehrere Server auf denen zahlreiche Programme bzw. Dienste installiert sind. Durch das unterschiedliche Alter der eingesetzten Hardware und der damit verbundenen Leistungsfähigkeit sind diese auch unterschiedlich ausgelastet.

Meist sind die älteren (schwächeren) Server stärker ausgelastet, laufen nicht ganz so stabil aufgrund über die Jahre installierter verschiedenster Dienste und Programme, die sich teilweise auch gegenseitig beeinflussen.

Neu eingeführte Applikationen (ERP-Datenbankserver, Mailservices) laufen auf eigenen stärkeren Servern, die zwar stabil laufen, da nur diese ausgesuchten Applikationen/Dienste installiert sind, diese aber wiederum nicht optimal, durch zu geringe Arbeitslast (Workload) oder nur zu Spitzenzeiten ausgelastet sind. (siehe Abbildung 3)

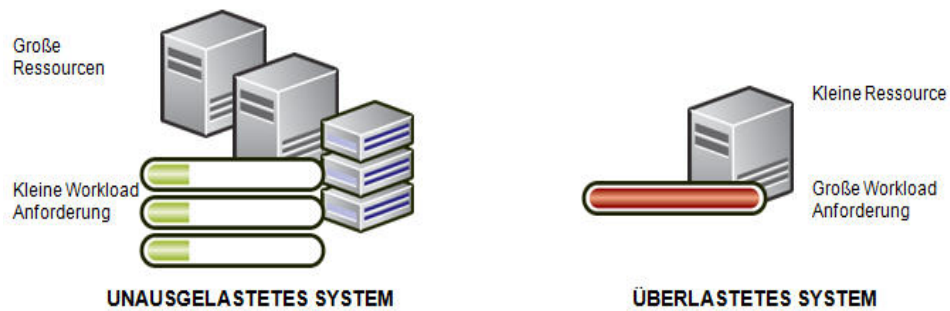


Abbildung 3: Ungleichmäßige Verteilung von Ressourcen und Workload (Platespin) [32]

### 1.3 Problemstellung, Anforderungen an die Lösung

Aus der im vorangegangenen Kapitel 1.2 geschilderten Ausgangssituation kann man folgendes feststellen:

Wie bei größeren Unternehmen/Konzernen sind auch schon bei mittleren Unternehmen gewachsene Systeme vorhanden bei denen die Notwendigkeit besteht, sie in Bezugnahme des zu erwartenden Wachstums (Expansion) einer Konsolidierung zu unterziehen und für zukünftige Anforderungen auf eine stabile Basis zu stellen.

Das Hauptaugenmerk des Verfassers liegt auf dem zweckmäßigen Einsatz von Virtualisierungstechniken um daraus den größtmöglichen Nutzen für das jeweilige Unternehmen zu erzielen.

Folgende Anforderungen sollte die Lösung/Konzept beinhalten:

- Gute Managementfähigkeiten, einfache Handhabung
- Hohe Verfügbarkeit
- Skalierbarkeit
- Einfaches Disaster-Recovery
- Gute Ressourcenauslastung/Lastverteilung
- Hoher Kosten/Nutzen-Faktor, Senkung der laufenden u. zukünftigen Kosten, z.B. durch geringeren Wartungsaufwand und Energiekosten
- Reporting- u. Alarmierungsmöglichkeiten

## 1.4 Zielsetzung

Ziel des Verfassers ist es ein Konzept des sinnvollen Einsatzes einer geeigneten Virtualisierungslösung für Klein- und Mittelständige Unternehmen (KMU) aus den Anforderungen des Beispielbetriebs und den gängigen Virtualisierungsprodukten zu erstellen.

Hauptziel ist eine ausgewogene Hard- und Software-Lösung zu erarbeiten, welche alle zu erfüllenden Funktionen und Aufgaben sowie den in diesem KMU-Umfeld immer höher werdenden Anforderungen genügt, und wo gleichzeitig die Vorteile der Virtualisierung voll zum Einsatz kommen sollen.

Die Funktions-Ziele an die Virtualisierungslösung lauten:

- **Gute Managementfähigkeiten, einfache Handhabung:**

Ein „technisch noch so gutes System“ wird nicht akzeptiert oder nicht optimal genutzt, wenn sich die Bedienbarkeit als kompliziert herausstellt. Gerade in dem KMU Umfeld hat man es oft mit Personen zu tun, die neben der internen IT-Betreuung auch noch anderen Tätigkeiten nachgehen. Damit ist es umso wichtiger, dass das System gute Management- und Reportingmöglichkeiten (z.B. eine einzige Managementkonsole und nicht an verschiedenste Stellen verteilt) bietet, damit man sich gut zurecht findet, auch wenn man nicht den ganzen Tag damit verbringt.

- **Hohe Verfügbarkeit und Skalierbarkeit bei stetigem Mitarbeiter/Innen-Zuwachs:**

Durch den stetigen Mitarbeiter/Innen-Zuwachs muss das System eine hohe Verfügbarkeit und Skalierbarkeit aufweisen.

Viele KMU's sind schon heute von der IT so sehr abhängig, dass es beginnend bei einem trägen Verhalten (Überlastung, falsche Verteilung der Ressourcen), Teilausfällen von Diensten oder sogar dem Gesamt-Ausfall der Systeme bis zu einem Stillstand der Abläufe und damit zu einem schwer abschätzbaren Schaden (finanzieller Schaden, Imageschaden) kommen kann.

Eine gute Lastverteilung auf die vorhandenen Ressourcen ist vorzusehen, damit z.B. Performanceengpässe zu Spitzenzeiten abgedeckt werden können.

Die Lösung sollte ausbaufähig sein, d.h. zukünftig benötigte Ressourcen sollten einfach in das System integrierbar sein, um damit den Ressourcenpool zu erweitern.

Oft sieht die Geschäftsführung eines Unternehmens die IT als „lästiges, Kosten verursachendes, notwendiges Übel“ an und will gerade dort „einsparen“.

Hier kann und sollte eine Lösung ein einfaches Management aufweisen, um den zukünftig benötigten Personal-Verwaltungsaufwand zu reduzieren oder diesen in der Wachstumsphase zumindest zu kompensieren.

Das spart Kosten, gepaart mit leicht aus dem System generierbaren Berichten, wird die Akzeptanz der Lösung bzw. der kompletten IT auch bei der Geschäftsführung steigen und das Leben als Administrator wird leichter.

Außerdem sollte ein Alarm- oder Überlastungsmanagement integriert sein, um automatisiert oder auch manuell eingreifen zu können, bevor es zu „Verfügbarkeitsproblemen“ kommt.

- **Hoher Kosten/Nutzen-Faktor (gutes Preis-/Leistungsverhältnis):**

Wie auch bei anderen Produkten des Lebens, soll die Lösung einen hohen Kosten/Nutzen-Faktor bzw. gutes Preis-/Leistungsverhältnis aufweisen. Das teuerste Produkt ist in Bezug auf dieses Verhältnis oft nicht das Beste. Leider stellt sich aber auch öfters und meistens erst später heraus, dass kostenlos angeschaffte/eingesetzte Produkte im Betrieb z.B. durch schlechten (gar keinen) Herstellersupport oder schlechte Skalier-/Erweiterbarkeit einen erhöhten Personalaufwand und damit insgesamt über die Nutzungsdauer höhere Kosten verursachen.

Ein niedriger Anschaffungspreis ist somit nicht das einzige Kriterium einer guten Lösung, obwohl das viele Entscheidungsträger in kleinen Betrieben oft so sehen.

Bei der Evaluierung der Produkte und Bewertung sollten dagegen eher die Gesamtkosten, d.h. Anschaffungs- und geschätzte laufende Kosten über einen Einsatz-Zeitraum betrachtet werden.

- **Einfaches und schnelles Disaster Recovery:**

Wie unter dem Ziel Verfügbarkeit kurz angesprochen, entstehen bei einem Ausfall des IT-Systems in kürzester Zeit (je nach Betriebsgröße) immense Kosten.

Da auch in KMU's heutzutage fast keine Mitarbeiter mehr ohne funktionierende IT-Landschaft produktiv arbeiten können, sollte die Lösung eine einfache Sicherung und vor allem eine schnelle Wiederherstellung bieten, was besonders in Stresssituationen bei einem Disaster sehr hilfreich sein kann.

Einige wichtige Grundvoraussetzungen die zur Vermeidung bzw. Minimierung der Wahrscheinlichkeit eines Disaster Recovery Falls zu treffen und eigentlich von der



eingesetzten Virtualisierungslösung unabhängig sind, wären elementar und vorab zu klären:

- Einsatz eines geeigneten Server-Raums (räumliches Ausmaß und Örtlichkeit; wenn möglich nicht im Keller → Wassereintritt)
- Ausreichende Kühlungsmaßnahmen/Klima (Alarmierung bei Ausfall)
- Wenig Staubbelastung/Filterung
- Stromversorgung über ausreichende USV-Unterstützung
- Brandmelder-Rauchmelde-Anlage
- Vermeidung unberechtigten Zutritts, Zutrittskontrollen-Überwachung

Leider sind die Serverräume (wenn überhaupt explizit zu diesem Einsatzzweck vorhanden) der meisten KMU's nicht nach diesen Empfehlungen ausgestattet. Diese Thematik sollte im Zuge der Virtualisierungslösung mit beachtet werden. Dadurch sind auch die Hostsysteme einem erhöhtem Risiko ausgesetzt und können auch trotz redundanter Auslegung von z.B. Netzteilen, Festplatten, Lüftern, Netzwerkadaptern defekt werden.

Alleine wenn das Motherboard (welches kaum redundant ausgeführt ist) defekt wird, z. B. ein simpler Kondensator wird aufgrund der erhöhten Umgebungstemperatur schneller defekt, ist ein rasches Verlagern benötigter Services (z.B. Umziehen der virtuellen Maschinen) gefragt; wenn möglich automatisiert. Auch sind Naturkatastrophen (Überschwemmungen, Brand, Erdbeben, etc.) schwer einzuschätzen und der Recovery-Vorgang kaum testbar.

Zusätzlich zur regelmäßigen Datensicherung ist es dann sehr hilfreich wenn man ein aktuelles Backup/Image/Snapshot der (virtualisierten) Systeme auf einem entfernbaren Medium (Band, Disk) im Safe oder z.B. auf einem NAS (in einem anderen Gebäude) hat und schnell darauf zugreifen kann.

Wenn es trotz Vorkehrungen zu einem Disaster Recovery Vorgang kommt, ist die Verfügbarkeit eines aktuellen Disaster Recovery Plans (DRP) in dem die Vorgehensweisen/Abläufe der Wiederherstellung dokumentieren sind, sehr wichtig. [11]

- **Isolation sich beeinflussender Applikationen, Dienste:**

Wie in der Einleitung kurz erwähnt trifft man in KMU's öfter nur sehr wenige Server an (2-5 Stk.), auf denen meist zahlreiche Dienste/Programme installiert sind, diese sehr unterschiedlich ausgelastet sind und durch auftretende Wechselwirkungen oft instabil laufen (wenn sich z.B. verschiedene beeinflussende MS SQL-Server-

Versionen auf einem Server befinden). Stürzt ein zentraler Dienst ab, muss der Server neu gestartet werden, wodurch alle anderen Dienste auf diesem Server nicht verfügbar wären. Deswegen könnten solche Dienste bzw. Programme in einer isolierten Umgebung z.B. in einer virtuellen Maschine laufen. Dadurch erhöht sich die Stabilität und bei einem benötigten Neustart wäre nur z.B. diese VM zu starten. Alle anderen Services sind während dieser Zeitspanne weiter verfügbar und kein/e Mitarbeiter/in muss sich abmelden.

Das Haupt-Augenmerk der meisten größeren Unternehmen – die Konsolidierung vieler kaum ausgelasteter physikalischer Server in einer virtualisierten Umgebung zu vereinen – scheint in den KMU`s nicht das primäre Ziel zu sein, ist aber bei einem Wachstum zu berücksichtigen.

Bei der Konsolidierung sollte eine „Dienste-/Applikationskonsolidierung“ stattfinden, d.h. Dienste sind voneinander zu trennen, um eine erhöhte Stabilität zu erreichen. Diese stabile Plattform bietet dann auch das geeignete Fundament für die zukünftigen Herausforderungen (Erweiterungen).

- **Einsparungspotentiale, Energieersparnisse**

Zukünftig zu erwartende Energieersparnisse (Klimakosten, Stromverbrauch der Server) stellen auch ein wichtiges längerfristiges Ziel der Lösung dar. Eine etwaige kurzfristige Stromverbrauchserhöhung durch den Einsatz einer starken, redundanten Serverhardware auf dem die Lösung läuft, ist kein Hinderungsgrund, da ja auch die Rechenleistung stark ansteigen soll.

Der Energieverbrauch der Server soll vor und nach der Umsetzung der Lösung (Virtualisierung) gemessen werden. Als Durchrechnungszeitraum für die Energieberechnung/Ersparnis sind 3 Jahre, 365 Tage/Jahr á 24 Stunden heranzuziehen. Außerdem ist der zukünftige Verbrauch neu anzuschaffender physikalischer Server bei Nichteinsatz der Virtualisierungslösung theoretisch mit einzukalkulieren und gegenüber zu stellen werden.

## **1.5 Aufbau, Gliederung der Arbeit**

Die Gliederung bzw. der Aufbau der Arbeit gestalten sich folgendermaßen:

Im Einleitungsteil werden Ausgangssituationen, möglicher Nutzen von Virtualisierungs-Lösungen, Problemstellungen und Ziele behandelt.

Im zweiten Teil werden die Grundlagen der Virtualisierung mit gebräuchlichen Begriffen, Mechanismen, theoretischen Ansätzen bis hin zu aktuellen Erweiterungen der x86 Architektur erläutert. Mit einer Auflistung der aktuellen Virtualisierungsarten und deren

möglichen Einsatzzielen und Erfolgspotentialen wird der Verfasser mit einer Abgrenzung der Möglichkeiten dieses Kapitel abschließen.

Im dritten Kapitel folgen die Verfahren und Kriterien zur Produktevaluierung. Ein wichtiger Punkt ist dabei die gezielte Fragestellung an den jeweiligen Betrieb (→ Kunden-Befragung), welche Dienste/Aufgaben realisiert werden müssen und wie die Erwartungshaltung/Prioritäten an die Lösung gelagert sind. Der Ressourcenbedarf wird ermittelt und die Spezifikationen der gewünschten Lösung aufbauend auf zu erfüllende Funktionen/Aufgaben abgeleitet.

Im vierten Teil wird eine Produktauswahl/Vorstellung und Bewertung aktueller Produkte vorgenommen, wobei sich der Verfasser auf die jene Produkte einschränken wird, die in Bezug auf bestimmte Kriterien auf einer Testplattform ausgiebig getestet werden.

Daraus gewonnene Erkenntnisse in Bezug auf Vorzüge sowie Mängel einzelner Virtualisierungsprodukte werden erläutert.

Leistungsmessungen und -beschreibung, die empfohlene Sicherungsstrategie und die Bewertungsmatrix der Produkte mit den geforderten Funktionen/Prioritäten bilden die Basis im fünften Kapitel.

Das Kapitel sechs beschreibt das nach Meinung des Verfassers zu empfehlende Konzept einer Gesamt-Lösung für das Beispielunternehmen.

Das letzte Kapitel schließt mit dem Ausblick auf zukünftige Entwicklungen und Einsatzzwecke der Virtualisierung – die nicht ausreichend behandelt werden konnten – das Thema der Diplomarbeit ab.

## 2 GRUNDLAGEN

Der Begriff „Virtualisierung“, welcher viele Bereiche umfasst, ist ein Unpräziser, weil am Beginn offen bleibt worum es eigentlich geht.

Im Prinzip beschreibt er eigentlich das Etwas, das nicht real existiert, täuschend echt in Szene gesetzt wird. Das kann ein Betriebssystem, ein Computer oder nur ein einzelnes Betriebsmittel (Speicher, Storage) bzw. eine Applikation sein. [8] Dazu werden verschiedene Techniken bzw. Verfahren angewandt, die in den folgenden Kapiteln erläutert werden.

Anfangs wird der Verfasser die gängigen Begriffsdefinitionen anführen, die in der Literatur immer wieder verwendet werden.

### 2.1 Begriffsdefinitionen

#### Virtualisierung:

Der Begriff Virtualisierung beschreibt die Abstraktion von der physikalischen Rechnerhardware hin zu einer virtuellen Maschine. Es wird die tatsächlich vorhandene Hardware so weit abstrahiert, dass diese in einzelnen Anteilen zu virtuellen Maschinen zusammengefasst werden können. Diese verhalten sich ihrerseits wie ein eigenständiger Computer, welche die in ihr ausgeführten Rechenoperationen auf die tatsächlich vorhandene Hardware abbilden. [8]

Dabei gibt es die Möglichkeit viele physische Rechner zu einem großen, sehr leistungsfähigen virtuellen System zusammenzufassen. Oder es kann die vorhandene Hardware in viele kleine, virtuelle Maschinen unterteilt werden, die dann unabhängig voneinander ihren Dienst verrichten und genutzt werden können.

In dieser Arbeit wird sich der Verfasser mit den für die KMU interessanten Möglichkeiten der Aufteilung vorhandener Ressourcen in viele logische System und deren sinnvollen Einsatzzwecken befassen.

#### Guest, Host:

Zu Beginn gehören 2 Begriffe erklärt die dem Verfasser als wichtig erscheinen und denen man immer begegnet. Was ist ein Host (Wirt) und was ist ein Guest (Gast)?

Der *Host* oder auch *Wirt* genannt, ist der *reale* Rechner auf dem die virtuellen Maschinen laufen. Darauf kann ein Betriebssystem z.B. Windows oder Linux laufen, unter dem die Virtualisierungssoftware installiert wird und darauf laufen als Anwendung die virtuellen Maschinen.

Als *Guest* oder *Gast* wird meist die *virtuelle Maschine* (VM) bezeichnet, die in einer abgekapselten Umgebung auf dem Host/Wirtsrechner unter Kontrolle des Virtualisierungsprogramms läuft. Das Gastsystem meint auf einem realen Rechner zu laufen, bemerkt keinen Unterschied zu einem realen System und bekommt eine virtualisierte Hardware (je nach Hersteller immer vom gleichen Typ) zur Verfügung gestellt. [12]

### **Virtualisierungslayer:**

Einer der wichtigsten Bestandteile bzw. Begriffe: Der Virtualisierungslayer oder auch als *Hypervisor* oder *Virtual Machine Monitor* (VMM) bezeichnet, ist die Software-Schicht die sich zwischen Gastbetriebssystem und realer Hardware befindet. Dieser erzeugt für die Gastsysteme die virtuelle Hardware, wobei nicht nur vorhandene Komponenten virtualisiert werden, sondern auch völlig virtualisierte Geräte wie z.B. Netzwerkadapter, die auf ein virtuelles Netzwerkinterface oder eine Festplatte die auf eine Image-Datei im Hostsystem abgebildet wird, erzeugt werden. Der VMM teilt ihnen CPU-Zeit zu oder ermöglicht den kontrollierten Zugriff auf bestimmte physische Ressourcen/Geräte des Hostsystems.

Damit können sich die einzelnen VM's nicht stören oder in Wechselwirkung treten. Neben dem Speicher und Prozessoren verwaltet er auch die Interrupts, die er entsprechend von den verschiedenen Systemen generiert, routen und verfolgen muss, damit sie in der richtigen VM ankommen und es eine reibungslose Kommunikation zwischen VM und Hardware gibt. Erst das Host(betriebs)system steuert mit seinen Treibern die physisch eingebauten Geräte des Host-Rechners an. (siehe Abbildung 4)

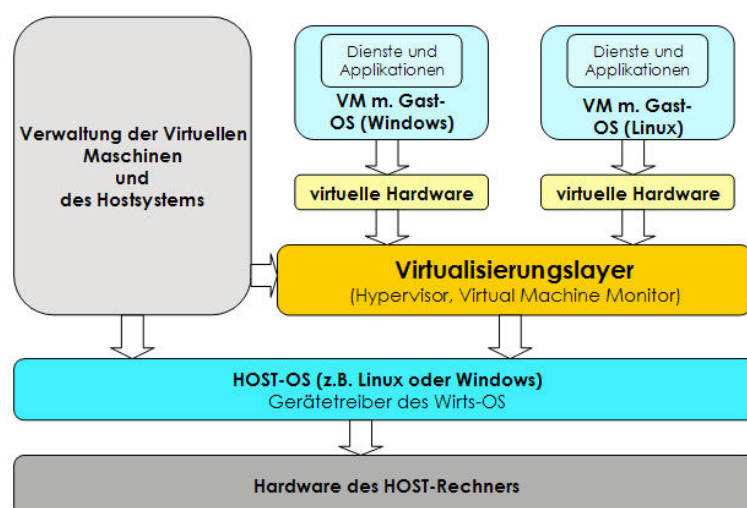


Abbildung 4: Virtualisierungslayer stellt virtuelle Hardware bereit [12]

## 2.2 Interne Mechanismen

In den folgenden Kapiteln werden die internen Mechanismen der verschiedenen Virtualisierungsansätze erläutert, beginnend mit den Betriebssystemgrundlagen, über deren Kenntnis man die Virtualisierungstheorie nach Meinung des Verfassers erst besser verstehen kann.

Weiters wird dann auf die x86 Architektur mit ihren aktuellen Virtualisierungs-Erweiterungen eingegangen, die Plattform, die heute am häufigsten für eine Virtualisierungs-Lösung in Betracht kommt.

### 2.2.1 Betriebssystemgrundlagen

Obwohl Virtualisierung heute als aktuelles Thema gesehen wird, wird sie schon seit Jahren in modernen Betriebssystemen in einfacher Form genutzt, um jeder Anwendung vorzugaukeln, sie liefе auf der Maschine ganz allein und hätte vollständigen Speicher zur Verfügung. Heute – als Virtualisierung bezeichnet – geht diese einen Schritt weiter: Nicht nur Anwendungen glauben Sie liefеn alleine auf der Maschine, sondern mehrere Betriebssysteme teilen sich diese ohne von den jeweils anderen zu wissen.

Als die meisten Großrechner in den 1960-er Jahren noch kein Betriebssystem hatten, konnte zu jedem Zeitpunkt nur immer ein Programm am Rechner laufen. Die ersten Betriebssysteme konnten deshalb mehrere Programme in den Speicher laden, zwischen diesen umschalten und so die CPU besser ausnutzen. Das Betriebssystem musste sich ab jetzt über die vollständige Verteilung der Ressourcen (Rechenzeit, Speicher) kümmern, zig-male pro Sekunde zwischen den Prozessen umschalten (so dass alle quasi gleichzeitig liefеn) und Speicherzugriffe umleiten (damit jeder Prozess in seinem komplett eigenen Speicherbereich war). Die Programme sollten von der Existenz dieser Kontrollinstanz und voneinander eigentlich nichts merken.

Da das Betriebssystem über die Aufteilung der Ressourcen entscheidet, ist es wichtig, dass nur das Betriebssystem diese Macht besitzt und z.B. kein anderer Prozess die Kontrolle über die CPU an sich reißt, während sie von einem anderen Prozess benutzt wird.

Die CPU muss deshalb zwei Betriebsmodi unterstützen, zwischen denen sie hin- und herschalten kann. Der Betriebssystemkern der im privilegierten Modus der CPU (Kernel Mode) läuft, darf auf alle Geräte zugreifen, den Speicherschutz verwalten und das Umschalten der Prozesse konfigurieren. Alle Anwendungen hingegen laufen im eingeschränkten, nicht- privilegierten Modus der CPU (User Mode) (siehe auch Kapitel 2.2.2). Wenn ein im User Mode laufendes Programm einen Befehl enthält, der auf die Hardware (MMU-Memory Management Unit, Interrupt-Controller) zugreifen will, wird vor

der Ausführung des Befehls das Programm unterbrochen und der Betriebssystemkern davon unterrichtet (Exception), welcher dann das Programm in der Regel mit einer Schutzverletzung (Access Violation) abbricht. [8]

Da jedem Prozess vom Betriebssystem „vorgegaukelt“ wird, dass er alleinigen Zugriff auf den gesamten Speicher hätte, verfolgen moderne Betriebssysteme das Konzept des virtuellen Speichers. Der gesamte Speicher wird in Speicherseiten eingeteilt, wobei es pro Prozess eine Umsetzungstabelle/Seitentabelle (Page-Table) gibt, um jede virtuelle Seite, auf die ein Prozess zugreifen will, auf eine physische Seite im Hauptspeicher umrechnen zu können. Diese Funktionsweise des virtuellen Speichers ist flexibel, man kann Prozesse jederzeit mehr Speicher durch zusätzliche Einträge in den Abbildungstabellen geben als tatsächlich physikalisch vorhanden ist.

Neben dem Speicher wird auch die Ressource „CPU-Zeit“ virtualisiert. In modernen Betriebssystemen wird die CPU vom Timer-Interrupt einige hunderte Male pro Sekunde unterbrochen, der Prozess im User-Mode gestoppt, der Status gesichert, in den Kernel Mode gewechselt und Funktionen im Betriebssystemkern ausgeführt.

Der Timer-Interrupt signalisiert, dass die „Zeitscheibe“ (Timeslice) des Prozesses abgelaufen ist. Der Scheduler, der in seinen Tabellen verwaltet zu welchem Prozess umgeschaltet werden soll, wobei das auch wieder der ursprüngliche Prozess sein kann weil z.B. andere Prozesse durch Warten auf Hardware blockiert werden, weist dann wieder eine Zeitscheibe zu. Die Anwendung merkt davon nichts wenn einem Prozess die Kontrolle weggenommen und später wiedergegeben wird, da die Ausführung exakt an dieser Stelle wieder aufgenommen wird. [8] (siehe Abbildung 5)

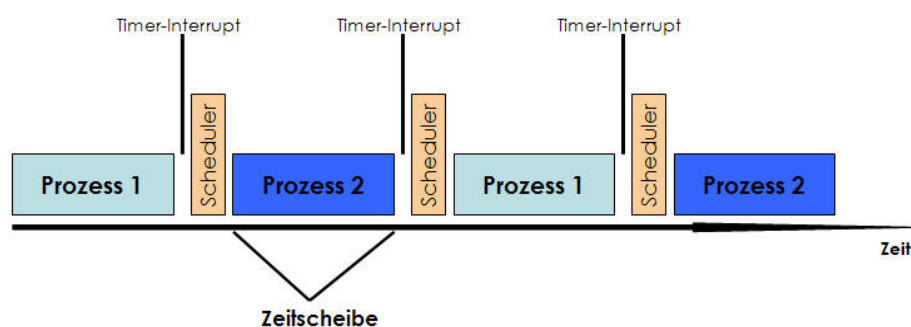


Abbildung 5: Der Scheduler weist Prozessen abwechselnd Zeitscheiben (Timeslices) zu [8]

## 2.2.2 Virtualisierungstheorie

Basierend auf Erkenntnissen des vorangegangenen Kapitels kann man behaupten, dass Virtualisierung heißt: Ein Prozess kann mit den ganz normalen Befehlen und Mechanismen auf Ressourcen direkt zugreifen, doch diese Zugriffe werden im User-Mode von der Hardware abgefangen und das Betriebssystem leitet diese um.

Während die Zugriffe auf Ressourcen wie CPU oder Hardware zu Unterbrechungen führen, die im Betriebssystem behandelt werden müssen, ist die Verwaltung der Speicherzugriffe durch die MMU ein Sonderfall. Die Speicheradressen werden direkt anhand vorher eingerichteter Speichertabellen umgerechnet und das Betriebssystem muss nicht bei jedem Speicherzugriff im User Mode vermitteln.

Als ähnliche Optimierung kann man auf den meisten CPUs einem Prozess auch direkten Zugriff auf bestimmte Hardware geben (siehe Kapitel 2.2.3). [8]

Damit ein Rechner die darauf laufende Software überhaupt virtualisieren kann, genügt es nicht nur die Funktionalitäten ins Betriebssystem einzubauen, sondern es muss auch die CPU einige Eigenschaften vorweisen, wie z.B. die Trennung von User Mode und Kernel Mode.

Dazu legten schon vor über 30 Jahren Popek und Goldberg die Kriterien fest, welche Voraussetzungen eine Computer-Architektur erfüllen muss, um überhaupt virtualisierbar zu sein. [13]

Die 3 Charakteristiken für Virtualisierbarkeit sind demnach:

- **Äquivalenz:** Ein Programm, das in einer virtuellen Maschine läuft, soll ein essentiell gleiches („essentially identical“) Verhalten aufweisen, wie wenn es direkt auf der Maschine laufen würde, mit der möglichen Ausnahme von Differenzen durch die Verfügbarkeit der System Ressourcen und Unterschiede durch zeitliche Abhängigkeiten.
- **Ressourcen-Kontrolle:** Der Virtual Machine Monitor (VMM) hat die permanente und vollständige Kontrolle über die System Ressourcen. Somit dürfen Programme, die in einem virtualisierten Umfeld (virtuellen Maschine) laufen, keine Ressourcen beanspruchen, die nicht explizit für sie zugeteilt wurden. Jeder privilegierte Befehl muss vom VMM abgefangen werden.
- **Effizienz:** Programme, die in einem virtualisierten Umfeld laufen, weisen nur geringe Geschwindigkeitseinbußen auf. Dazu werden alle harmlosen, nicht privilegierten Anweisungen (die einen hohen Prozentsatz aller Instruktionen aufweisen) von der Hardware direkt ausgeführt, ohne Intervention des Virtual Machine Monitors (VMM).

Der Artikel von Popek und Goldberg bezieht sich also nicht mehr auf die Virtualisierung der Maschine durch ein Betriebssystem, sondern geht schon einen Schritt weiter, und



beschreibt die Virtualisierung einer Maschine inklusive Betriebssystem (siehe auch Kapitel 2.3.1).

Bei dieser Virtualisierungsform, wo mehrere Betriebssysteme „unwissentlich“ nebeneinander auf einem Rechner laufen, findet das Popek-Goldberg-Kriterium Äquivalenz besonderes Augenmerk. Bereits kleine Abweichungen vom Verhalten bestimmter Operationen können dazu führen, dass bestimmte Betriebssysteme innerhalb einer VM nicht mehr funktionieren.

Der Punkt Effizienz ist wichtig und unterscheidet die Virtualisierung von der Emulation.

Mit Hilfe der Emulation wäre jede Plattform virtualisierbar. Der VMM ist dann ein Programm, das Befehl für Befehl die Software in der virtuellen Maschine einzeln analysiert und ausführt, was aber alles andere als effizient ist.

Der Punkt von Virtualisierung ist, dass die meisten CPU-Befehle nativ ausgeführt werden, im Gegensatz zur reinen Emulation!

Popek und Goldberg führten auch eine Klassifikation der Instruktionen des Befehlssatzes (ISA - Instruction Set Architecture) in drei Gruppen ein:

- **Privilegierte Anweisungen** (privileged instructions) sind solche, die einen Trap auslösen, wenn sich der Prozessor im User Mode befindet, und keinen auslösen wenn er sich im System Mode befindet.
- **Vertrauliche Anweisungen** (sensitive instructions) sind solche, die die Konfiguration der Ressourcen verändern können.
- **Verhaltensabhängige-vertrauliche Anweisungen** (behavior sensitive instructions) sind solche, deren Verhaltensweise oder Ergebnis abhängig von der Konfiguration der Ressource sind (vom Inhalt des Relocation Registers oder dem Prozessor Mode).

Bei den i386-CPU's im Protected Mode (geschützten Modus) gibt es verschiedene Prioritätsstufen, die sich Ring 0 bis Ring 3 nennen.

Im sogenannten Kernel Mode (Ring 0, hohe Priorität) sind alle Befehle erlaubt, und im User Mode (Ring 3, niedrigere Priorität) rufen alle privilegierten Befehle einen Trap-Handler (der im Kernel Modus läuft) auf. [8] Windows und Linux verwenden nur Ring 0, in dem das Betriebssystem läuft, und Ring 3, in dem alle Anwendungen laufen. [12] (siehe Abbildung 6)

Um immer die Oberhand zu behalten und alle VM's kontrollieren zu können, müsste die Virtualisierungssoftware die Gäste also im Usermodus von Ring 3 laufen lassen, als wären die Gastbetriebssysteme normale Anwendungen.

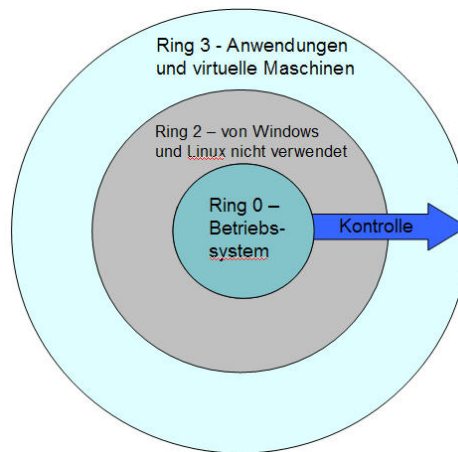


Abbildung 6: Prioritäten von Programmen anhand einer Ringstruktur im Protected Mode [12]

Die Gastsysteme wissen aber von ihrer Einschränkung nichts, und versuchen wie gewohnt die Kontrolle über die Hardware zu erhalten. An dieser Stelle greift wie erwähnt der in Ring 0 laufende VMM ein, fängt alle privilegierten Anweisungen ab (die direkt Hardware ansprechen wollen), und bildet (emuliert) diese mit anderen ungefährlichen nach, ohne dass der Gast davon etwas bemerkt. Diese Vorgehensweise wird auch als „Trap-and-Emulate“ bezeichnet.

Zum Teil erfolgt dies beim ersten Durchlauf der Anweisungsfolge des Gastes, wobei der VMM Letztere im Einzelschrittmodus (Debug-Mode) abarbeitet.

Virtualisiert man also mehrere Betriebssysteme, laufen die kompletten Betriebssysteme mit ihren Anwendungen im User Mode und der VMM läuft als einziger im Kernel Mode. [8]

Leider lassen sich nicht alle privilegierten Anweisungen einfach abfangen, da die heute am häufigsten virtualisierte Architektur der i386-Prozessoren ursprünglich nicht für Virtualisierung vorgesehen war.

Robin und Irvine haben in ihrer Analyse des Pentium Prozessors 17 Instruktionen ausgemacht, die die Anforderung in Bezug auf die Ressourcen-Kontrolle durch den VMM nicht erfüllen (da diese „sensitive and unprivileged“ sind). [14]

Jede privilegierte Anweisung erzeugt normalerweise eine Ausnahme (Exception), die sich vom VMM sehr gut überwachen lässt. Allerdings erzeugen nicht alle vertraulichen (sensitiven) (Register)-Instruktionen eine Ausnahme, da sie in der i386-Architektur nicht privilegiert sind.

Das Problem besteht weniger darin, dass diese vertraulichen Anweisungen keinen Trap auslösen, sondern dass sie eigentlich dem Kernel Mode vorbehalten sind, aber auch aus dem User Mode heraus funktionieren, und sich jetzt je nachdem auf Ring 0 und Ring 3 unterschiedlich verhalten. Da ein VMM den Kern eines virtualisierten Systems jetzt nicht mehr auf Ring 0 sondern auf Ring 3 ausführt, stimmen früher oder später die Annahmen

nicht, von denen die Betriebssystementwickler ausgegangen sind. (siehe auch Kapitel 2.2.3) [8]

Zum Glück sind aber der überwiegende Teil der Instruktionen nicht vertraulich (unsensitiv, verändern die Ressource nicht) und können somit ohne Modifikation nativ auf der CPU ausgeführt werden, so dass es letztendlich nur zu einem geringen Virtualisierungs-Overhead kommt.

### 2.2.3 Virtualisierung der x86 Architektur und Erweiterung

Wie schafft man es jetzt trotzdem die i386-Architektur nach den Vorgaben von Popek und Goldberg in Bezug auf die Ressourcen-Kontrolle zu virtualisieren und einen sicheren VMM zu realisieren?

- **durch Software-Techniken:**

Bis vor einigen Jahren die ersten Virtualisierungslösungen von VMware (VMware Virtual Plattform, 1999) [15] und Connectix (Virtual PC 2001, 2003 von Microsoft akquiriert) vorgestellt wurden, konnte niemand so richtig daran glauben, dass dies auf normaler x86 Architektur überhaupt funktionieren könnte.

Die 17 kritischen Instruktionen des Pentium Prozessors zu behandeln wäre durch (reine) Emulation möglich. D.h. ein Großteil des x86 Befehlssatzes wird abgebildet damit z.B. x86 Betriebssysteme auch auf einer nicht x86 Plattform laufen (Nachteil: geringe Performance die dem Effizienz-Kriterium widerspricht, siehe Kapitel 2.2.2). Oder durch Techniken wie „dynamic translation“ (bei VMware „binary translation“ bezeichnet), bei der nur kleine Sequenzen des x86 Code stückchenweise „on-the-fly“ in nativen Code übersetzt werden, möglich (bei einer x86-Virtualisierung wird z.B. x86-Kernelcode in x86-Usercode übersetzt). [16] Dazu wird der Code der VM beim ersten ausführen im Einzelschrittmodus durchlaufen, dabei analysiert, kritische Instruktionen markiert, und durch Aufruf in den VMM ersetzt. (siehe Abbildung 7). Die Annahme über die Code-Beschaffenheit der zu virtualisierenden Systeme vereinfacht die Arbeit des VMM. [8]

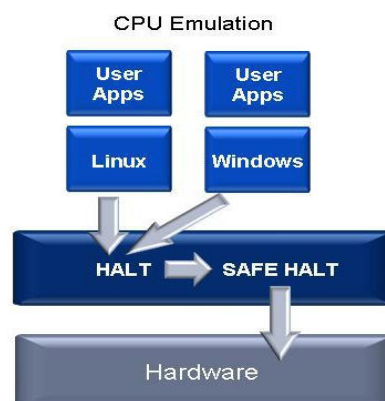


Abbildung 7: Kritische Instruktionen („halt“) werden durch unkritische („safe halt“) ersetzt (Citrix) [93]

Alle x86 Virtualisierungslösungen, die ohne CPU-Erweiterungen funktionieren und das Ausführen unveränderter Betriebssysteme ermöglichen, arbeiten prinzipiell auf diese Art!

- **Hardware-Erweiterungen der aktuellen CPU's**

Die Probleme bei „dynamic translation“ als Methode der x86 Virtualisierung resultieren aus Komplexität und Ausführungsgeschwindigkeit, da das Dekodieren und Ersetzen von Instruktionen Zeit kostet. Durch diverse Optimierungen (z.B. Zwischenspeichern von übersetzten Codes) kann man aber das Verhalten verbessern; wobei das laut VMware im Idealfall dazu führt das „binary translation“ sehr schnell sein kann. [17]

Die Hardware Hersteller Intel und AMD haben CPU-Erweiterungen entwickelt um eine einfachere und performantere Virtualisierung zu ermöglichen.

Bei Intel heißen diese x86-Erweiterungen „Virtualization Technology“ (VT) Codename „Vanderpool“ [18][19][20], bei AMD „Secure Virtual Machine“ (SVM) Codename „Pacifica“ [21] (bei Intel alle Pentium 4 6x2, Pentium D 9xx, ab Xeon DP/MP, Itanium 2, alle CPUs der Core-Reihe u. Nachfolger, bei AMD seit Mitte 2006 bei Athlon-64, Turion-64, Opteron u. Nachfolger).

Beide rüsten die „Trap-and-Emulate“ Funktionalität in dem sie einen zusätzlichen (dritten) CPU-Modus einführen. Neben User Mode und Kernel Mode gibt es einen Hypervisor Mode, der um bei der Intel Nomenklatur für die folgende Beschreibung zu bleiben, eigentlich kein eigener Modus ist, sondern es jetzt zwei grundsätzliche Betriebsarten gibt, die über dem User Mode, Kernel Mode (somit höchster Priorität) stehen.

Diese sind der Root Mode, in dem der Host und seine Anwendungen laufen, und der Non-Root Mode, in dem die Gäste laufen. In beiden Modi gibt es wiederum User Mode und Kernel Mode. (siehe Abbildung 8).

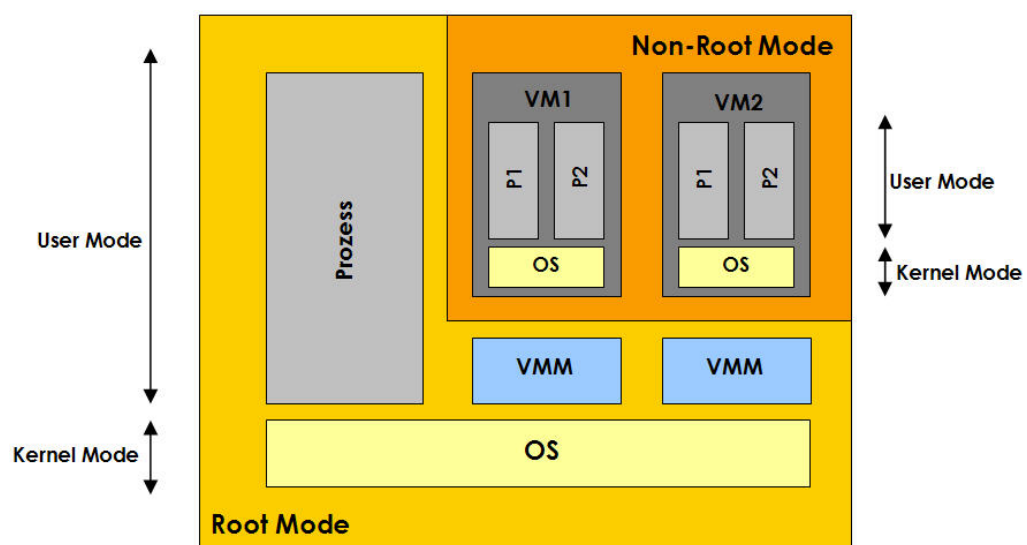


Abbildung 8: Neuer Non-Root Mode für Guests durch CPU-Erweiterung (VT u. SVM) [8]

Der VMM, der VT oder SVM unterstützt, kann die CPU in den Non-Root Mode schalten („VM-Entry“) und den Gast-Code ausführen. Der VMM kann sich teilweise aussuchen, welche Aktionen innerhalb der VM zu einem „VM-Exit“, also Rückkehr in den Root Mode, führen (bei privilegierten Operationen und Timer-Interrupt immer) oder ob Systemaufrufe (Kernel-Funktionsaufrufe eines Prozesses im User Mode) wie im nativen Modus einfach in den Kern wechseln (innerhalb des Non-Root Mode).

Pro VM gibt es eine Virtual Machine Control Structure (VMCS), in der der Zustand der VM (Prozessregister, Flags) bei einem „VM-Entry“ geladen und der vorige Zustand (also der des VMM) in denselben Bereich des VMCS geschrieben wird. Bei einem „VM-Exit“ geschieht das Umgekehrte.

Die CPU schaltet also zwischen zwei möglicherweise vollständig verschiedene Konfigurationen hin und her. Dadurch ist keine „binary translation“ mehr notwendig und die allgemeine Performance, durch Vermeidung unnötiger Wechsel zwischen VMM und VM, kann weiters gesteigert werden. [8]

## 2.3 Virtualisierungsarten

In diesem Kapitel werden die am meisten verbreiteten Virtualisierungsmethoden erläutert. Virtualisierungsarten können auf sehr unterschiedlicher Ebene stattfinden. In der Literatur finden sich dazu verschiedene Begrifflichkeiten, die leider nicht einheitlich verwendet werden und in die der Verfasser Klarheit bringen möchte.

### 2.3.1 Systemvirtualisierung (Host Based, Vollvirtualisierung)

Systemvirtualisierung, auch oft als *Full Virtualization*, *Native Virtualization* oder auch *Echte Virtualisierung* bezeichnet, bildet ein vollständiges Computersystem nach, das beliebige Betriebssysteme ausführen kann.

2 Arten sind zu unterscheiden:

- **Host-Based Systemvirtualisierung** (Hosted Virtualization)
- **Vollvirtualisierung** (Bare-Metal, auf das „Nackte Eisen“ Installation)

Bei der Host-Based-Systemvirtualisierung läuft unter den Gastsystemen (VM) ein vollwertiges Host-Betriebssystem mit dem Virtualisierungslayer (meist Linux, Windows). (siehe Abbildung 9)

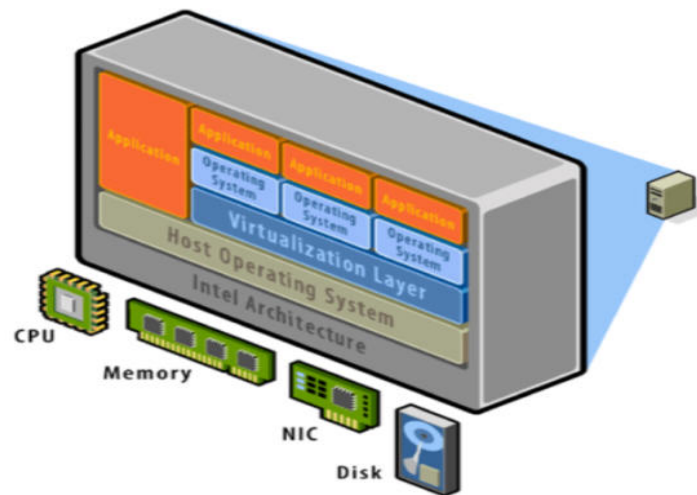


Abbildung 9: Schematische Darstellung Host-Based Systemvirtualisierung (VMware) [4]

Bei der Vollvirtualisierung, auch „Bare-Metal“ genannt (zu deutsch „direkt auf die Hardware installiert“), wird der Untergrund durch ein eigenes „Minimal-Betriebssystem“ inklusive Hypervisor gebildet. (siehe Abbildung 10) Die Virtualisierungslösung stellt somit „selbst das Betriebssystem“ dar, da dieser schlankere Hypervisor direkt auf die reale Hardware aufsetzt.

Die Implementierung orientiert sich an real existierender Hardware und bildet in der Regel deren Bestandteile (z.B. BX-Chipsatz, S3-Grafik, AMD-Netzwerkkarte, IDE-Kontroller) nach. Die Technik erlaubt es mehrere nahezu beliebig verschiedene Betriebssystem-Instanzen (die nun auf einer standardisierten Hardware aufsetzen) neben einander laufen zu lassen.

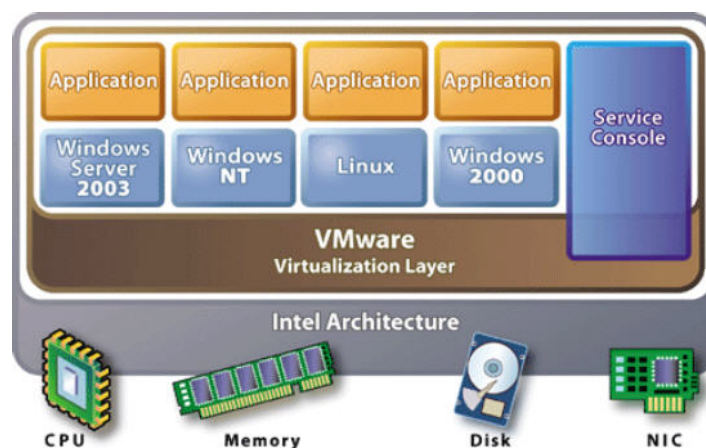


Abbildung 10: Schematische Darstellung Vollvirtualisierung (VMware) [4]

### Vorteile:

Die Systemvirtualisierung gewährleistet eine ausgezeichnete Isolation zwischen den virtuellen Systemen, unterstützt eine breite Gast-Betriebssystem-Palette und die

Konsolidierungsmöglichkeiten vorhandener, einzelner Server/Computer auf eine einheitliche Virtualisierungsplattform sind sehr gut.

#### **Nachteile:**

Host-Based Systemvirtualisierung hat eine geringere Performance (durch das zugrunde liegende Betriebssystem) als die Vollvirtualisierung, Paravirtualisierung (schlanker Hypervisor) (siehe Kapitel 2.3.2) oder die Betriebssystemvirtualisierung (siehe Kapitel 2.3.3).

#### **Vertreter (Host-Based):**

Microsoft Virtual Server 2005R2 (unter Windows Server 2003, siehe Kapitel 4.1.1), VMware Server 2.0 (unter Linux, siehe Kapitel 4.2.1).

#### **Vertreter (Vollvirtualisierung):**

Microsoft Windows Server 2008 mit Hyper-V (siehe Kapitel 4.1.2 u. 4.1.3)

VMware ESXi 3.5 (siehe Kapitel 4.2.2)

VMware Infrastructure 3 mit ESX 3.5 (siehe Kapitel 4.2.3) [8]

### **2.3.2 Paravirtualisierung**

Der Ansatz von Xen, welcher momentan als der bekannteste Vertreter der Paravirtualisierung zu nennen ist, ähnelt dem der Vollvirtualisierung (VMware ESX Servers). Der deutlich einfachere, schlankere (Xen)-Hypervisor setzt ebenfalls direkt auf die Hardware auf und die VM's greifen auf die bestehenden Ressourcen des Host über ein Interface zu.

Die Gastsysteme müssen dazu speziell angepasst werden, wenn keine CPU mit Virtualisierungserweiterung eingesetzt wird. Dabei werden systemnahe Instruktionen durch Aufrufe des Hypervisors ersetzt, was die Entwickler „Paravirtualisierung“ („daneben“) nannten (es gibt eine Reihe von Patches für verschiedene Betriebssysteme). [8] Neben den Gastsystemen muss auch der Kernel des Hostsystems (meist Unix/Linux) angepasst („gepatcht“) werden, da ja dieser das Interface zur Verfügung stellt (spezielle Rolle → Domain 0).

Diese Control Domain (Domain 0, Dom0) übernimmt mithilfe des Hypervisors die I/O-Operationen auf Netzwerk- und Storage-Zugriffe für die Gast-Domains (DomU), die Zugriffe auf das RAM und die CPU erfolgen direkt (siehe Abbildung 11)

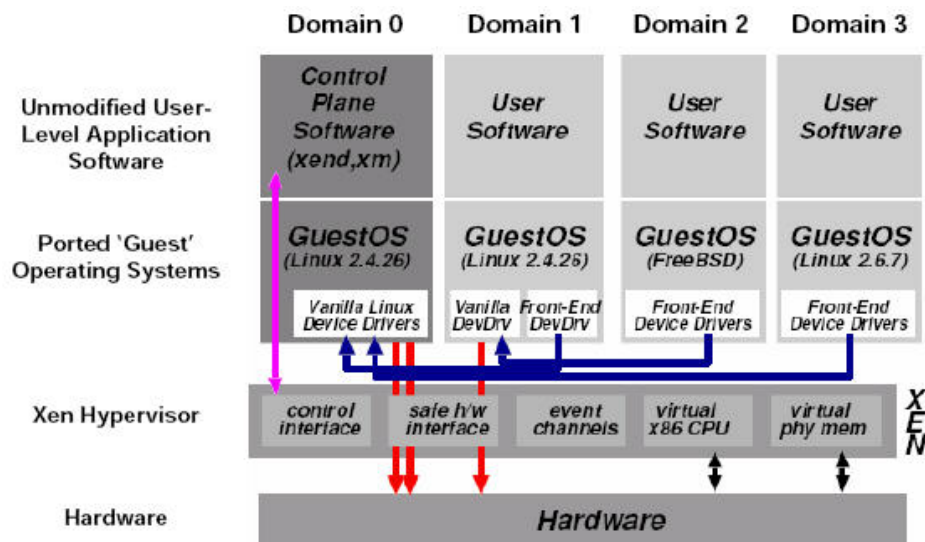


Abbildung 11: Schematische Darstellung Paravirtualisierung (bei Xen) [65]

Diese Anpassungen ermöglichen eine hohe Performance, weniger Ausnahmen werden ausgelöst, da der Code vorher schon angepasst wird („inline“) und es gibt weniger Verwaltungsaufwand (Overhead) beim Zugriff des Gasts auf virtuelle Systemressourcen. Paravirtualisierung setzte ursprünglich voraus, dass der Betriebssystemkern des gewünschten Gastsystems im Quellcode vorliegt verändert (recompiliert, portiert) werden darf. Da aber z.B. der Windows Quellcode nicht offen liegt und um auch Windows zu unterstützen, wurde anfangs ein „Wrapper“ geschrieben, der mit dem Control-Interface kommuniziert. Ab Xen 3.0 und auf CPUs mit Intel VT oder AMD-SVM Erweiterung, kann Windows auch als Gast unverändert ausgeführt werden.

#### Vorteile:

Höhere Performance als bei reiner Host-Based Systemvirtualisierung, effizientere Kommunikation zwischen Host und Guest und höhere Flexibilität (z.B. Speicherbedarfszuordnung zwischen Gast und Host).

Xen bietet derzeit als einzige Virtualisierungsvertreter den direkten Zugriff auf PCI-Geräte aus einem Gastsystem heraus.

#### Nachteile:

Anpassung der Gastsysteme nötig (ab Xen 3.0 und CPUs mit VT oder SVM nicht mehr), dadurch könnten sich eventuell Anwendungen in den Gästen anders verhalten (kaum mehr relevant).

#### Vertreter:

Xen ab 3.0, Red Hat Fedora Cora ab 5, Suse Linux Enterprise Server, Virtual Iron ab 3.0, Citrix XenServer ab 4.0 (früher XenSource) und OracleVM.



### 2.3.3 Betriebssystemvirtualisierung

Bei der Betriebssystemvirtualisierung, auch *OS-Based Virtualization* oder *Operating System-Level Virtualization* genannt, läuft nur ein Betriebssystemkern, auf dem aufbauend sichere, abgeschlossene Betriebssystemumgebungen in Containern (Containers, Jails, Virtual Environments, VE) erzeugt werden, die aus Sicht der darin ausgeführten Programme einem normalen Betriebssystem entsprechen. [8]

In diesen Containern können keine beliebigen Betriebssysteme installiert werden (d.h. ein Linux VE läuft nicht auf Windows und umgekehrt auch nicht), sondern in den Containern wird das gleiche Betriebssystem installiert, indem der Betriebssystemkern quasi „vervielfacht“ wird.

Im Grunde werden die Anwendungen bzw. die virtuellen Umgebungen/Server-Instanzen voneinander separiert, treten aber nach außen als eigenständige Systeme auf.

Diese Technik wird häufig als Sicherheitstechnik eingesetzt, um z.B. für jeden virtuellen Webserver eine eigene Systemverwaltung (im Werbejargon auch als „Root Server“ bei Internet Providern vertrieben) zu ermöglichen. (siehe Abbildung 12)

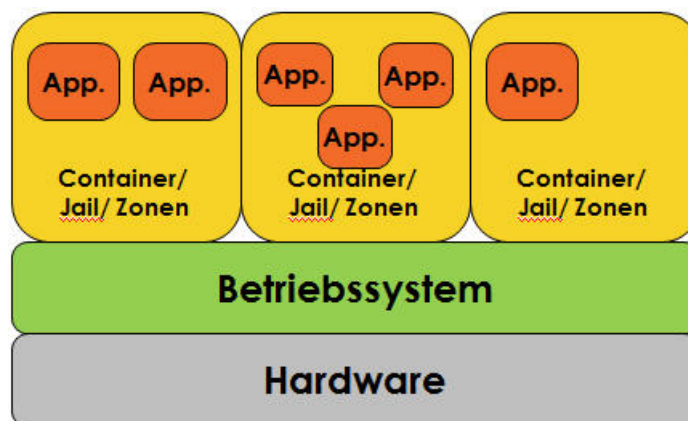


Abbildung 12: Schematische Darstellung Betriebssystemvirtualisierung

#### Vorteile:

Hohe Performance und Skalierbarkeit, sparsamer Umgang mit Betriebssystemressourcen (nur ein Betriebssystemkern, nicht mehrere Host-Betriebssysteme wie bei der Vollvirtualisierung), geringer Speicherbedarf da Dateien der virtuellen Umgebungen im Dateisystem des Host liegen und nur Differenzen zwischen diesen abgelegt werden, Updates lassen sich in einzelnen oder gleich in mehreren Server-Instanzen einspielen.

#### Nachteile:

Das Laden von Kernel-Modulen oder Treibern in den virtuellen Umgebungen ist nicht möglich (alle Kernel-Module und Treiber des Hosts werden von den virtuellen

Umgebungen mit benutzt), es ist kein Linux auf Windows oder Windows auf Linux möglich und keine 32-bit auf 64-bit-Version oder umgekehrt, es sind aber verschiedene Linux-Distributionen bei gleichem Kernelstand möglich.

#### **Vertreter:**

Parallels Virtuozzo Containers (siehe Kapitel 4.4), OpenVZ, Linux V-Server, Solaris Zonen/Container und FreeBSD Jails

### **2.3.4 Weitere Virtualisierungsmethoden**

#### **Library-Level virtualization, API-Virtualisierung:**

Diese Methoden emulieren Teile des Gastsystems mithilfe von Bibliotheken. D.h. Anwendungen eines Gast-Betriebssystems können ohne das entsprechende Gast-Betriebssystem ablaufen. Wine (Win32 API für Linux) z.B. ermöglicht, dass unveränderte Windows Anwendungen ohne Windows unter Unix/Linux laufen.

#### **Anwendungsvirtualisierung, Applikationsvirtualisierung:**

Bei der Anwendungsvirtualisierung (Application Virtualization) können Anwendungen dort zur Verfügung gestellt werden, wo sie aktuell benötigt werden (z.B. lokal) ohne dass diese installiert werden müssen. Der zu virtualisierenden Applikation wird eine virtuelle Umgebung (Sandbox) zur Verfügung gestellt, die alle Registry-Einträge, Dateien und andere Komponenten enthält, die das Programm zur Ausführung benötigt. Diese virtuelle Umgebung verhindert Konflikte zwischen anderen Anwendungen und dem Betriebssystem. Es ist somit z.B. auch möglich mehrere Versionen der gleichen Software gleichzeitig lauffähig zu halten.

Beispiele für die Anwendungsvirtualisierung sind:

Microsoft Application Virtualization (früher SoftGrid), Java VM, Thinstall VS und Sandboxie.

## **2.4 Speichergrundlagen (Storagegrundlagen)**

Bevor auf die Möglichkeiten der Speichervirtualisierung in Kapitel 4.5 eingegangen wird, werden einige Begrifflichkeiten der Konfigurationsmöglichkeiten und Speicheranschlussarten im Serverumfeld erläutert.

#### **RAID-Level:**

Um Daten auf den unsicheren magnetischen Datenträger zu schützen wurden mehrere Arten von Festplatten-Zusammenschlüsse zu logischen Laufwerken definiert (siehe Abbildung 13). Die 3 gebräuchlichsten im Einsatz befindlichen RAID-Level sind:

- **RAID-0:** Beschleunigung ohne Redundanz (Striping)
- **RAID-1:** Spiegelung (Mirroring)
- **RAID-5:** Beschleunigung mit Redundanz

Je nach Applikation (Dateiserver, Datenbank) werden verschiedene Levels bzw. deren Kombination empfohlen [22]

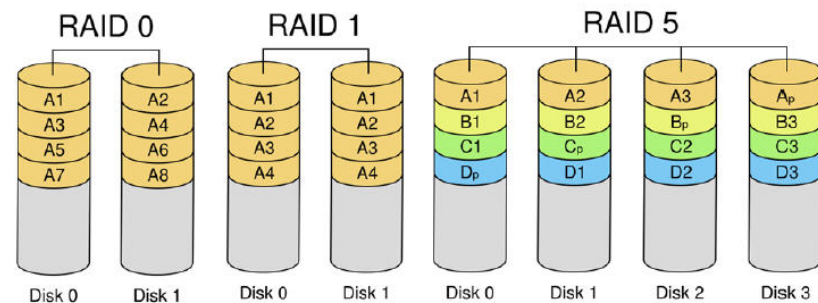


Abbildung 13: RAID-Level

Diese RAID-Verbünde befinden sich in verschiedenen Speicher-Architekturen und werden auf verschiedene Arten von Servern angesprochen:

- **DAS** (Direct Attached Storage):  
Die Festplatten sind lokal (direkt per SATA, SCSI-Schnittstelle) am Host Bus Adapter (HBA) des Servers angeschlossen.
- **SAN** (Storage Area Network):  
Ein SAN stellt eine Speicherressource dar, auf die **blockbasierend** per SCSI-Protokoll meist über FC (Fibre Channel) oder iSCSI zugegriffen wird (auch über lange Entfernungen).
- **NAS** (Network Attached Storage):  
Ein NAS ist meist ein Gerät (engl. = Appliance) welches seine Speicherressourcen als Netzwerkfreigaben zur Verfügung stellt. Der Zugriff darauf erfolgt **dateibasierend** (per NFS, SMB, CIFS) über das LAN was aber eine geringere Performance gegenüber blockbasierten Zugriffsmethoden aufweist.

Die zwei häufigst anzutreffende Anschlussarten von SAN's sind:

- **FC** (Fibre Channel):  
Zur performanten Anbindung verwenden die meisten heutigen SAN den FC-Standard. Es werden dabei verschiedene Implementierungen unterschieden z.B. bei Switched-Fabric vermittelt ein FC-Switch zwischen den Endgeräten. Um die Ausfallsicherheit zu steigern werden sehr oft zwei unabhängige Switched Fabrics betrieben. [23]
- **iSCSI** (internet Small Computer System Interface):  
iSCSI ermöglicht eine günstige und performante Zugriffsmöglichkeit, da die vorhandene Netzwerkstruktur (NIC, LAN-Switches) genutzt werden kann. Wesentliche

Komponenten sind der iSCSI-Initiator (der "Auslöser"), der die Verbindung zum iSCSI-Target (dem Speichersystem) herstellt (initiiert). Der Zugriff erfolgt blockbasierend, die Performance ist geringer als bei FC (TCP/IP Overhead ca. 10-15%).

## **2.5 Ziele und Erfolgspotentiale**

Zum Erreichen der in Kapitel 1.4 genannten Ziele ist es ratsam, sich vorher über eventuelle Probleme, die sich durch die zusätzliche Virtualisierungsschicht ergeben könnten, im Klaren zu sein. Virtualisiert man Applikationen mit hoher I/O-Aktivität (z.B. Datenbankapplikationen), stellen diese meist ein Problem dar, da sich ja meist mehrere parallel laufende VM's die Ressourcen des Hosts teilen müssen.

Durch die stetigen Entwicklungen und Verbesserungen der neue CPU/Chipset Erweiterungen wie die „Intel® Virtualization Technology for Directed I/O (VT-d)“ [19] oder Intel® VT FlexMigration, VT FlexPriority und VT Extended Page Tables bei den 45nm Xeon CPUs [20], ist die Virtualisierung dieser Applikationen ohne nennenswerte Performanceverluste absehbar. Andere z.B. ältere Applikationen, die wenig Ressourcen brauchen und nur die CPU zu Spitzenzeiten beanspruchen, eignen sich sehr gut zum Virtualisieren.

Deshalb ist der Verfasser der Meinung, dass Kenntnisse über die Anwendungen, die in einer VM in guter Geschwindigkeit oder weniger guter (langsamer Geschwindigkeit) ausgeführt werden können, sehr nützlich sind. Zu beachten ist im Speziellen die Speicheranbindung der Hostsysteme, da diese meist den Flaschenhals darstellt. Geht man bedacht vor, führt das zu einem höheren Erfolgspotential der Lösung.

### **2.5.1 Allgemeine Überlegungen, Vorgehensweise**

Allgemein stellt sich vordergründig die Frage, welche Dienste, Aufgaben jetzt und in Zukunft von der Hard- und Software-Lösung für den Beispielkunden bzw. andere KMU realisiert werden sollen.

Bei der Ermittlung ging der Verfasser wie folgt vor:

Als erstes sollte immer eine Ist-Erhebung der vorhandene IT-Infrastruktur (speziell der Server-HW/SW) erfolgen. Damit verschafft man sich einen guten Überblick über die Gegebenheiten. Dann müssen die konkreten Anforderungen (Dienste, Aufgaben) des jeweiligen Betriebs mittels eines Kundenfragebogens abgeklärt werden (siehe Kapitel 3.1, siehe Anhang 2).

Aus den Ergebnissen des Fragebogens und aus der Ist-Aufnahme-Checkliste (derzeitiger Zustand) (siehe Anhang 1) ermittelt der Verfasser dann die erforderlichen Ressourcen für die zukünftige Lösung.

Ein wichtiger Punkt den es zu klären gilt ist, ob die vorhandenen Hard- und Software-Ressourcen schon ausgeschöpft sind. Im Zuge dessen ist zu prüfen, ob es noch ausreichend Reserven für eine zusätzliche Virtualisierung gibt oder ob eine Hardware-Neuanschaffung nötig ist.

Die allgemeinen Vorteile von Virtualisierung wurden schon im Kapitel 1.1 erwähnt (Kosten-Energieersparnisse, Sicherheit, Wartung, Skalierbarkeit). In welchem Ausmaß das jeweilige Produkt diesen Vorteilen gerecht werden kann, wird der Verfasser bei der Evaluierung der einzelnen Virtualisierungsprodukte nochmals abklären und festhalten bzw. bei der Bewertung nach Prioritäten einfließen lassen.

Ein Virtualisierung bringt aus Sicht des Verfassers immer Vorteile (Flexibilität, bei richtiger Auslegung höhere Verfügbarkeit) im Vergleich zur direkten Hardwareanbindung. D.h. als Ziel sollte die umfassende Virtualisierung der Server unbedingt in Betracht gezogen werden.

Das Thema Leistungsverhalten der virtualisierten Systeme ist nach Meinung des Verfassers einer der wenigen Punkte, die eventuell Nachteile gegenüber einer exklusiven Nutzung der Hardware entstehen könnte und die es durch richtige Dimensionierung zu vermeiden gilt.

Allgemein kann gesagt werden, dass es beim Einsatz von Virtualisierung langfristig zu einer Senkung der Hardwareausgaben kommt, die Kosten für Software und Lizenzen aber insgesamt meist steigen.

Da sich die Kosten bei einem Ausfall im KMU-Umfeld im Bereich von mehreren bis zigtausend EUR pro Stunde bewegen und ein durchschnittlicher Recovery-Vorgang aufgrund zahlreicher Schritte (Hardware-Besorgung, Reaktionszeiten von externen Dienstleister, Betriebssystem-Wiederherstellung, evtl. Konfigurationen, Dateiwiederherstellung) sich meist über etliche Stunden hinziehen kann, amortisiert sich eine vernünftige Virtualisierungslösung meist schon alleine in Bezug auf ein Disaster-Recovery Szenario.

Zu guter Letzt wann eine Virtualisierung wo sinnvoll ist oder ein System besser nicht zu virtualisieren ist, wird der Verfasser noch näher erläutern.

## 2.6 Abgrenzungen

Da es bei aktuellen Virtualisierungstechniken und vor allem bei Produkten eine rasante Entwicklung gibt, schränkt sich der Verfasser in der Arbeit auf die wichtigsten Produktvertreter der verschiedenen Virtualisierungsmethoden und -techniken ein.

- **Vollvirtualisierung:**

Microsoft Virtual Server 2005R2 (siehe Kapitel 4.1.1)

Microsoft Hyper-V Server 2008 (siehe Kapitel 4.1.2)

Microsoft Windows Server 2008 mit Hyper-V Enterpr. x64 (siehe Kapitel 4.1.3)

VMware Server 2.0 unter Linux (siehe Kapitel 4.2.1)

VMware ESXi 3.5 (siehe Kapitel 4.2.2)

VMware Infrastructure 3 mit ESX 3.5 UPD3 (siehe Kapitel 4.2.3)

- **Paravirtualisierung:**

Citrix XenServer 5.0 (siehe Kapitel 4.3.1)

- **Betriebssystemvirtualisierung:**

Parallels Virtuozzo Containers 4.0 (siehe Kapitel 4.4)

Die zu erfüllenden Funktionen bzw. Aufgaben an die zukünftige Hard- und Software-Lösung, gebunden an die Prioritäten des Beispielbetriebs, sollen von der Lösung bestmöglich abgedeckt werden.

### 3 ABLAUF ZUR ERMITTLUNG VON GEEIGNETEN VIRTUALISIERUNGSLÖSUNGEN IN KMU'S

In diesem Kapitel werden einzelne Schritte zur Ermittlung von geeigneten Virtualisierungslösungen erläutert: Angefangen bei der „Ist-Erhebung“ mit Hilfe verschiedener Werkzeuge, erhobene Daten münden in die „Ist-Aufnahme Checkliste“ (siehe Kapitel 3.2); mit einer Kundenbefragung zur Festlegung der Anforderungen und Erwartungen des KMU (siehe Kapitel 3.3), um über eine Kapazitätsplanung den vorläufigen Ressourcenbedarf zu ermitteln (siehe Kapitel 3.4) bis hin zur Spezifikation der Lösung (siehe Kapitel 3.7).

Der Ablauf stellt sich wie folgt dar (siehe Abbildung 14):

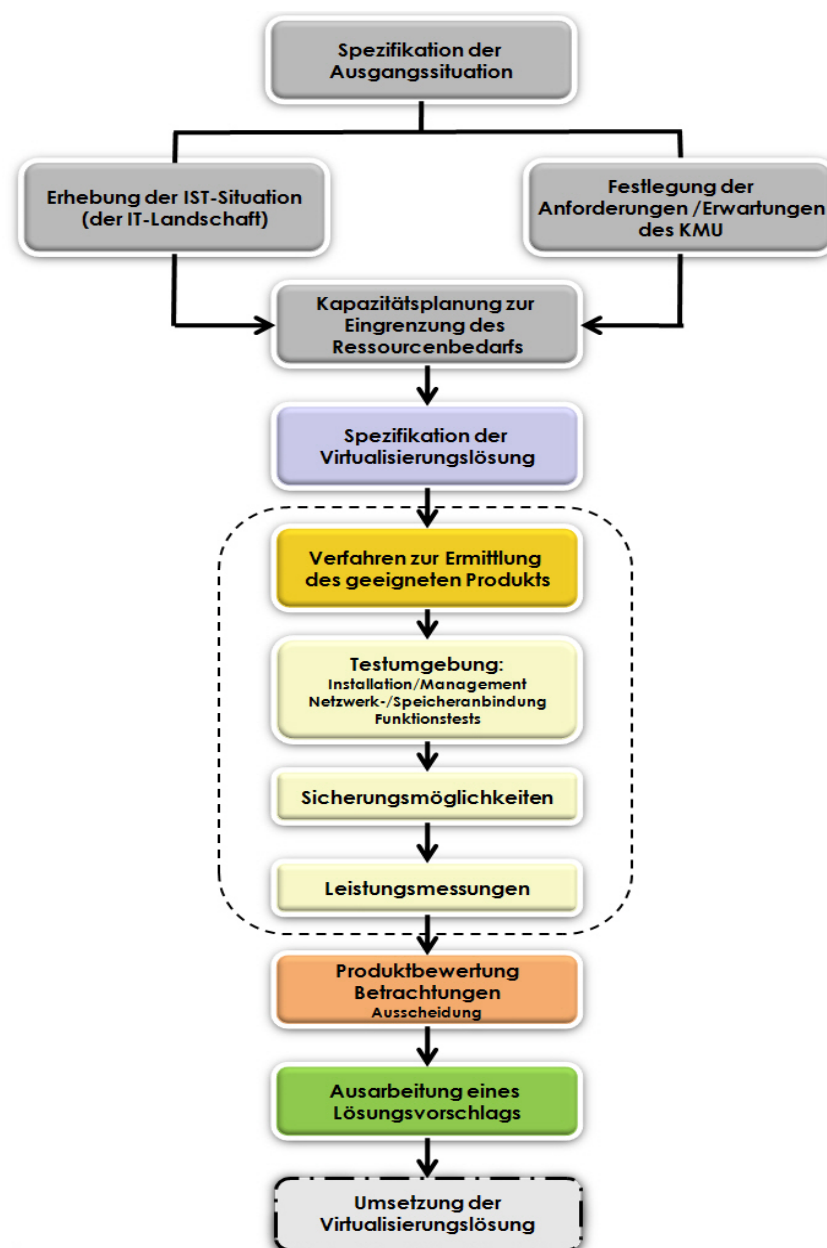


Abbildung 14: Ablauf zur Ermittlung von geeigneten Virtualisierungslösungen in KMU's

In Testumgebungen werden Produktvertreter der verschiedenen Virtualisierungsansätze installiert (Beschreibungen siehe Kapitel 4) und Speicher- und Netzwerkanbindungen durchgeführt. Zu jedem Produkt werden die Sicherungsmöglichkeiten behandelt und die Vorzüge und Mängel gelistet. Leistungsmessungen, die das Lastverhalten der Virtualisierungsprodukte zeigen, werden ebenfalls für jedes Produkt durchgeführt. Das zu empfehlende Sicherungskonzept wird kurz erläutert (siehe Kapitel 5.2).

Ergebnisse wie auch Anforderungen und Prioritäten des Betriebs an die Lösung münden in eine Bewertungsmatrix. Aus den Erkenntnissen der Testumgebungen und dieser Bewertungsmatrix wird die ideale Lösung für das Beispielunternehmen abgeleitet (siehe Kapitel 6) und die Umsetzungsmöglichkeiten der Virtualisierungslösung erläutert.

### **3.1 Firmenprofil des Beispielbetrieb, Ausgangssituation**

Als stellvertretenden Beispielbetrieb für den sinnvollen Einsatz von Virtualisierung zieht der Verfasser ein mittelständisches Unternehmen heran, welches seine Produkte weltweit exportiert. [24] Ein schnelles Wachstum (ca. jährlich 15 – 25%) kennzeichnet dieses Unternehmen über die letzten fünf Jahre.

Das Unternehmen umfasst ca. 130 Personen, wobei ca. 75 als aktive Benutzer im IT-System tätig sind, die restlichen 55 Personen befinden sich ausschließlich in der Produktion.

Wie bei vielen mittelständigen Unternehmen ist auch hier die IT gewachsen und die Verwaltung vorhandener Gerätschaften (Server) wird immer umfangreicher und komplexer.

### **3.2 Ist-Erhebung, Ist-Situation**

#### **Ist-Erhebung:**

Erstes Ziel ist eine technische Aufstellung der vorhandenen IT-Landschaft, vorrangig der Server (Hardware- und Software-Aufstellung), der laufenden Dienste/Prozesse, eventueller Abhängigkeiten dieser Services, der Backup-Strategie sowie des Energiebedarfs. Weiters sind räumliche Bedingungen und Netzwerkeckdaten mit geeigneten Werkzeugen bei jeweiligen Betrieben zu erheben.

Dazu hat der Verfasser eine umfassende „Ist-Aufnahme-Checkliste“ erarbeitet und bei einem Beispielbetrieb zur Datenerhebung zahlreiche Werkzeuge über einen längeren Zeitraum eingesetzt (siehe Anhang 1).

Die Hauptdienste der einzelnen Server wurden vom Verfasser tabellarisch kurz zusammengefasst (siehe Abbildung 15).



Services	Anzahl	Server
Benutzer Directory (AD)	2	SRVBINDER01+ SRVBINDER02
File-Server	2	SRVBINDER01+ SRVBINDER02
Print-Server	1	SRVBINDER02
Mailserver (Webaccess)	1	SRVBINDER03
DNS	2	SRVBINDER01+ SRVBINDER02
DHCP	1	SRVBINDER02
ERP-Anwendung	1	SRVBINDER05
Datenbank-Server	1	SRVBINDER06
Sicherungslösung	1	SRVBINDER04
CAD-Services	1	SRVBINDER01
Web-Services (Intranet, Wiki, Kalender)	2	SRVBINDER04 + SRVBINDER08
Fax-Server	1	SRVBINDER03
Zeiterfassungssystem	1	SRVBINDER04
Windows Update-Services (SWUS incl. Windows-DB)	1	SRVBINDER07
Zentrale Anti-Virus-Services	1	SRVBINDER02
Anti-Spam-Lösung	1	SRVBINDER03
VPN Services, Firewall (Intrusion Prevention Services, Antivirus)	1	Dezitierte HW-Appliance

Abbildung 15: Übersicht der Dienste auf den Servern (Beispielbetrieb)

Zur Ermittlung der Daten/Werte des Beispielbetriebs werden wie erwähnt verschiedene kostenlose Werkzeuge herangezogen. Diese liefern eine allgemeine Übersicht (LOGINventory, The Dude), Echtzeiten (MS Process-Explorer) wie auch Langzeitperformancedaten (Perfmon).

Aus Sicht des Verfassers ist es wichtig verschiedene Werkzeuge kombiniert zu verwenden, da erst damit eine vollständige Ist-Erhebung möglich ist, die ein einzelnes Tool nicht bieten kann. Gleichzeitig kann man eventuell auch Abweichungen der ermittelten Daten zwischen den Werkzeugen erkennen, wozu man sonst kaum in der Lage wäre.

Folgende Werkzeuge wurden verwendet:

### **LOGINventory:**

LOGINventory ist ein sehr nützliches Werkzeug für die Inventarisierung von Hard- und Software, die ohne Installation (agentenlos) auf den zu inventarisierenden Servern/PCs funktioniert. Der Verfasser nutzte es zur Erhebung von Kenndaten der Hardware- und Softwareausstattung der Server für die Ist-Aufnahme-Checkliste. Es wurde die freie, kostenlose Version (20 IP-Adressen limitiert) genutzt (v4.5.6.0, zum Testzeitpunkt). [25] (siehe Abbildung 16)



Der kostenlose Process Explorer (v. 11.0.4, zum Testzeitpunkt) ist ein ausgezeichnetes Werkzeug, welches zur Auswertung der laufenden Prozesse (RAM-Verbrauch, CPU-Last, I/O Bytes) auf den Servern verwendet wurde. Damit kann man sich ein gutes Bild über die (momentanen) Prozesse/Zustände auf den Servern machen (siehe Abbildung 17). [26]



The Dude (v3.0beta7, zum Testzeitpunkt) ist ein Netzwerküberwachungsprogramm, welches ohne Einschränkungen das komplette Netzwerk per SNMP, DNS, Netbios oder IP-Abfragen scannt. Insbesondere interessierte den Verfasser die Netzwerkaktivitäten zu erfassen, da mit dem MS Prozess Explorer nur die „interne Prozesse/Auslastungen“ der

Server ersichtlich sind. [29] Das kostenlose Werkzeug liefert einen sehr guten grafischen Überblick und braucht den Vergleich mit kommerziellen Produkten [27] [28] nicht scheuen (siehe Abbildung 18).

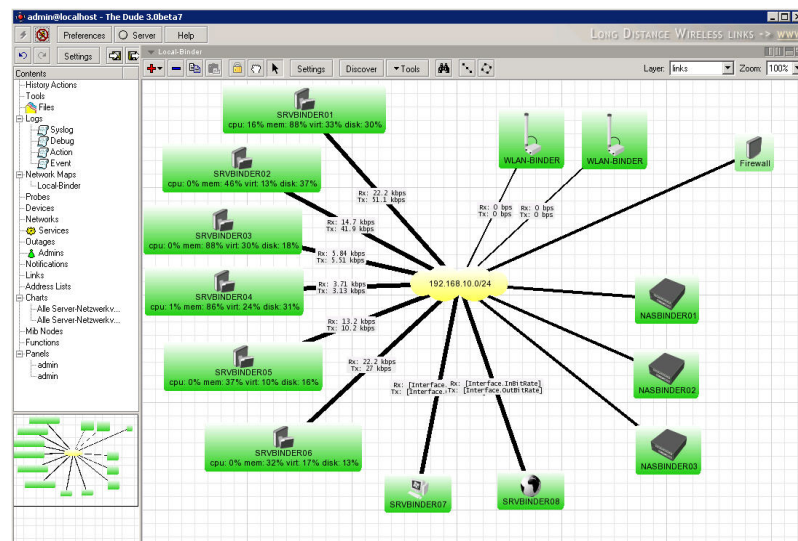


Abbildung 18: Übersicht mit The Dude Network Monitor 3.0b7 (Beispielbetrieb)

### System Performance Counter (Perfmon) ,Windows System Monitor:

Mit dem im Windows eingebauten Performance Monitor kann man diverse Auslastungen eines Windows Servers sehr gut messen. Vor allem erhält man über einen längeren Zeitraum ein Bild über die tatsächliche Auslastung des Servers (siehe Abbildung 19). [30] Folgende Langzeitwerte (über einen Zeitraum von 7 Tagen) wurden für die Ist-Aufnahme-Checkliste erhoben:

**Physikalischer Datenträger** (Übertragungen/s), **Physikalischer Datenträger:** (Leerlaufzeit %), **Speicher** (Zugesicherte Bytes; Skalierung 0,0000001 → 10MB) **Speicher** (Verfügbare MB; Skalierung 0,1 → 10MB), **Server** (Gesamtanzahl Bytes/s; Skalierung 100,0), **Prozessor** (Prozessorzeit %)

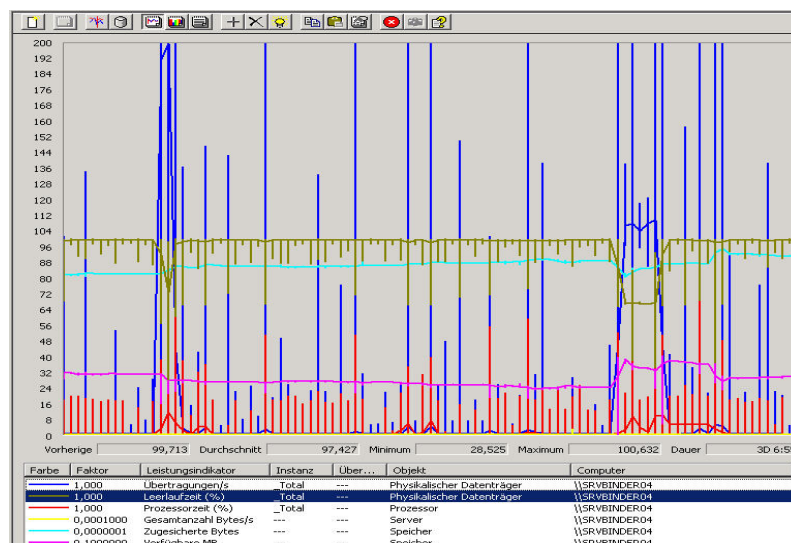


Abbildung 19: Überwachung mit dem Performance Monitor (Beispielbetrieb)

**Ist-Situation:**

Nach der Auslastungserhebung mit den obig genannten Werkzeugen lässt sich die Ist-Situation beim Beispielbetrieb wie folgt darstellen:

Die Server sind (je nach Alter) unterschiedlich ausgelastet. Auf den älteren Servern befinden sich viele Applikationen, die Abhängigkeiten untereinander zeigen. Auf einem dieser Server sind zusätzlich der Speicher und vor allem die CPU ausgelastet. Der fast 5 Jahre alte Sicherungsserver, ist eigentlich nur zu den Backupzeitfenstern netzwerkmäßig ausgelastet, eine Wartung/Garantie besteht bei diesem nicht mehr. Der Hauptfileservers hat nur mehr wenig Festplatten-Speicherplatz verfügbar, weist aber sonst keine besonderen Belastungen auf.

Neuere Server für das ERP-System sind kaum belastet, hier bestehen noch sehr viele Reserven. Insgesamt betrachtet ist die Auslastung aber über alle Server als eher gering anzusehen (siehe Kapitel 3.4).

Ein weit bedenklicherer Punkt ist, dass keine Service/Applikation-Redundanzen (außer DNS, Active Directory) bestehen. D.h. bei Ausfall eines Servers sind meist mehrere Applikationen betroffen.

Die Möglichkeit der Datenkonsolidierung der Dateiserver (Zusammenfassen auf einem zentralen Speicher) ist prinzipiell gegeben.

Beim Sicherungskonzept (keine Images, Snapshots, etc.) und insbesondere beim Recovery-Ablauf (kein Recovery-Plan) gibt es noch Handlungsbedarf.

Prinzipielle HW-Redundanzen in den Servern (Lüfter, Netzteil) sind eigentlich durchgehend vorhanden. Der Energiebedarf ist überschaubar. Die Serverräumlichkeiten sind ausreichend dimensioniert (Kühlung, Stromkreise), prinzipieller Zutrittsschutz (versperrbar, nur berechtigte Personen haben einen Schlüssel) ist gegeben. Eine Temperaturwarnung erfolgt per SMS.

Das Netzwerk, welches sich über zahlreiche Gebäude erstreckt (KAT5e, managementbare Switches, durchgängig Gigabit), ist in allgemein gutem Zustand. Derzeit befinden sich ca. 100 Arbeitsplätze im LAN; in Zukunft wären mehrere VLANs zur Senkung des Broadcast-Traffics anzudenken.

**3.3 Kundenbefragung**

Bei der Kundenbefragung ging es in erster Linie darum abzuklären, welche Dienste/Aufgaben erfüllt/realisiert werden sollen und wie die zukünftige Entwicklung des Beispielbetriebs geplant sind. Dazu wurde der Geschäftsführer befragt und insbesondere

Wert auf die Erhebung von Prioritäten der Erwartungen an die Lösung aus Sicht des Betriebs gelegt.

Die Ergebnisse wurden in einem „Kundenbefragung/Erhebungsbogen“ erfasst (siehe Anhang 2), die der Verfasser wie folgt kurz zusammenfasst:

Beim derzeitigen Mitarbeiterstand von ca. 130 Personen sind ca. 75 davon aktiv als User an den Arbeitsplätzen tätig. Es ist von einem ca. 10%igen Mitarbeiterwachstum/Jahr auszugehen.

Als zusätzliche Applikationen/Dienste sind der Ausbau des ERP-Systems, die CAD-Integration, der Ausbau des Intranets und insbesondere der Aufbau eines Extranets für den Händlersupport geplant. Zusätzlich sollte auch das Interne Controlling durch Einsatz einer Dashboard-Manager-Software verbessert werden und die internen Geschäftsprozesse transparent gemacht werden.

Bei den Prioritäten des Betriebs nehmen die Ausfallsicherheit, die Verbesserung von Sicherungs- und Wiederherstellungs-vorgängen der Systeme, die Lastverteilung / Skalierbarkeit / Flexibilität, die Homogenität der Landschaft (ein Hersteller) und besonders die leichte Wartbarkeit/Usability einen hohen Stellenwert ein.

Das Leistungsverhalten sollte zumindest gleich bleiben, wenn möglich erhöht werden. Die Verfügbarkeit sollte insgesamt steigen.

Eine Kostensenkung (zumindest durch geringeren Energiebedarf) ist kein primäres Ziel, es sollten aber die TCO (Total Cost of Ownership) durch bessere Wartbarkeit, schnellere Inbetriebnahme von Servern/Services und höhere Verfügbarkeit bei stetigem Wachstum eher gesenkt werden (siehe Abbildung 20).

Betreffend den Kostenrahmen gibt es Seitens des Beispielbetriebs keine konkreten Vorstellungen. Der Amortisierungszeitrahmen ist von geringer Wichtigkeit und bei der Kostenschätzung pro Betriebsausfallsstunde ist (wie bei vielen KMU's) kein exakter Wert bekannt. Dieser beläuft sich geschätzt auf ca. € 3.000 pro Stunde.

Die Anforderungskriterien an die Lösung wurden anhand von 3 Prioritätsstufen in einer Prioritätenmatrix zusammengefasst:

Prioritätenmatrix			
Kriterien	Priorität 1 (hoch)	Priorität 2 (mittel)	Priorität 3 (gering)
<b>Usability (leichte Wartung):</b> Funktionen, Handhabung, Übersichtlichkeit, umfangreich aber nicht zu komplex	<b>x</b>		
<b>Verfügbarkeitsoptionen:</b> Redundanzmöglichkeiten, Lastverteilung, Skalierbarkeit, Downtime		<b>x</b>	
<b>Sicherheitsmerkmale:</b> Ausfallsicherheit; Sicherungs-/Wiederherstellungsvorgänge optimieren- vereinfachen, Disaster Recovery Möglichkeiten	<b>x</b>		
<b>Performanceverhalten:</b> „schnelleres Arbeiten“ erwartet		<b>x</b>	
<b>Reportingmöglichkeiten:</b> Alarmierung, Warnungen, Rechtevergabe, Zugriffsmanagement, , Updatemanagement, Kostenstellenverrechnung			<b>x</b>
<b>Einsparungspotentiale:</b> Kostensenkungen erhofft durch? Antwort: Kostensenkung ist nicht das primäre Ziel, aber Kosten/Nutzen ist wichtig, insbesondere die bessere Wartbarkeit, Flexibilität, neue Inbetriebnahme von Servern/Services, Verfügbarkeit und dadurch evtl. auch Senkung der TCO, Anschaffungskosten sollten wenn möglich gering sein.		<b>x</b>	
<b>Supportmöglichkeiten:</b> Homogenität der Landschaft (ein Hersteller), Roadmap, zukünftige Entwicklung	<b>x</b>		

Abbildung 20: Prioritätsverteilung des Betriebs an die Lösungskriterien (Beispielbetrieb)

### 3.4 Ressourcenbedarfsermittlung

Zur Ressourcenbedarfsermittlung betreffend die gewünschte Lösung wurde die Ist-Aufnahme Checkliste dem Kundenbefragungsbogen gegenübergestellt und die zu erwartenden Engpässe für die nächsten 3 Jahre abgeschätzt (siehe Anhang 3).

Die Engpässe wurden rot markiert, im Wesentlichen kann folgendes festgestellt werden: Die Server 1, 2, 4 sind aufgrund ihrer zahlreichen Dienste schon jetzt ausreichend ausgelastet. Beim Server 3 ist der RAM-Bedarf der Engpass. Auf den Servern 5, 6 (die auch die Jüngsten sind) sind noch ausreichend Ressourcen vorhanden.

Folgendes Migrationsszenario zieht der Verfasser in Betracht:

Man könnte diese beiden Server (5,6) für die Virtualisierungslösung als Ausgangs-Plattform nach einer HW-Aufrüstung heranziehen (siehe Kapitel 3.8). Dabei stellt sich aber die Frage, wie ein uneingeschränkter Betrieb des vorhandenen ERP-Systems, welches auf diesen beiden Servern schon läuft, gewährleistet werden kann.

Eine Möglichkeit wäre die Applikationen/Dienste beider Server kurzfristig auf einem zusammenzufassen. Dabei wird der ERP-Applikationsserver deinstalliert und auf dem

ERP-Datenbankserver dazu installiert, was zwar nicht empfohlen wird, aber für die kurze Übergangsphase in Ordnung gehen sollte.

Der freigewordene Server wird aufgerüstet und als Host virtualisiert. Mit den ERP-Diensten werden zwei virtuelle Maschinen erzeugt (Applikations-VM und Datenbank-VM) und auf den bereits virtualisierten Host migriert.

Anschließend wird der verbleibende (nicht mehr produktive) Server virtualisiert und als zweiter Host dem Pool hinzugefügt. Die beiden VM's werden wieder aus Performance- und Redundanzgründen auf beide Hosts aufgeteilt.

Die verbleibenden physikalischen Server (1-4) werden dann schrittweise auf diese beiden Hosts virtualisiert. Die bereits 2 Stk. vorhandenen VM's (VMware Server 1.04) können übernommen werden.

### **3.5 Kapazitätsplanung der Virtualisierungsplattform**

Weitere Möglichkeiten, um zu genaueren Ergebnissen als Abschätzung betreffend den Ressourcenbedarf bzw. die Kapazitätsplanung zu kommen, liefern Werkzeuge wie VMware Capacity Planner [31] oder das kostenlose Platespin PowerRecon Inventory Edition (auf 100 Server beschränkt) [32], welches auch zur Erfassung der Leistungswerte über zwei Wochen bei dem Beispielbetrieb eingesetzt wurde.

Platespin PowerRecon empfiehlt sich nach Meinung des Verfassers sehr, da es die Lasten (CPU, RAM, Disk, Netzwerk) der vorhandenen Server (agentenlos übers Netz ohne Installation) sehr genau über einen frei definierbaren (z.B. jeden Tag von 8 bis 16 Uhr, 5 Tage die Woche) Zeitraum erfasst und sehr aussagekräftige Ergebnisse liefert (siehe Abbildung 21 und Anhang 4).

Das Programm würde in einer kostenpflichtigen Version auch automatische Konsolidierungsvorschläge (Zielplattform, Dimensionierung, etc.) erstellen, was bei einem größeren Projekt sehr von Vorteil sein kann.



Abbildung 21: Kapazitätsplanung mittels Platespin PowerRecon [32] (Beispielbetrieb)

Die Kapazitäten der Hardware-Zielformat sollten nicht zu knapp bemessen sein, da bei Ausfall eines Hosts alle Gastssysteme auf den verbleibenden Servern laufen sollen. Außerdem sind Reserven für zukünftige virtuelle Maschinen einzuplanen.

### 3.6 Empfehlungen an die Hardwareplattform

Aus der Ressourcenbedarfsermittlung (siehe Kapitel 3.4) lassen sich folgende Empfehlungen an die Hardwareplattform festhalten:

#### RAM-Bedarf (Empfehlung):

Da die vorhandenen Server 5, 6, die als Virtualisierungshardware zum Einsatz kommen könnten, nur jeweils 4GB RAM haben, ist eine RAM-Aufrüstung auf mindestens 12GB pro Server vorzusehen.

Der derzeitige Bedarf liegt bei ca. 9GB aller Server/VM summiert (siehe Anhang 4). Bei zusätzlichen VM's durch zukünftige Dienste (siehe Kapitel 3.3) und bei der Aufteilung der physischen Server 1, 2, 4 in mehrere virtuelle Maschinen (Aufhebung von Applikationsbeeinflussung) wären mindestens 16GB vorzusehen, aus Redundanzgründen, d.h. wenn ein Server alle VM's übernehmen sollte, ist es empfehlenswert 24GB (als Reserve) zu planen.



**CPU:**

Pro CPU-Kern können je nach Lastverhalten der VM zwei bis vier virtuelle Maschinen laufen, die vorhandenen eingesetzten Intel Quad-Core Xeon X5355 [33] reichen vorerst aus. Bei Bedarf ist ein zweiter Sockel auf dem Mainboard zur Aufrüstung einer zusätzlichen CPU vorhanden, was dann insgesamt 8 CPU-Kerne pro Host ergeben würde.

**Netzwerk (Empfehlung):**

Weiters besitzen die Server nur zwei Netzwerkschnittstellen (1000 Mbit/s). Empfehlenswert sind zusätzlich vier Stück (zwei Dualport-Adapter), d.h. insgesamt sechs Stück für optimale Redundanz, Loadbalancing und Flexibilität.

Die Server besitzen keine HBAs (Host Bus Adapter) für ein dezidiertes Speichernetzwerk. Zwei HBAs (Fibre Channel oder iSCSI) sollten je Server für den redundanten Zugriff auf dem einzuplanenden zentralen Speichersystem (Storage) vorgesehen werden (idealerweise auch Lastausgleich).

**Zentraler Speicher (Empfehlung):**

Als ein zentraler Speicher, auf dem nicht nur die Daten der Fileserver konsolidiert werden, sondern auch die virtuellen Disks (vDisk) der VM's auf den Volumes/LUN's abzulegen sind, kann entweder ein per Fibre Channel (sehr hohe Performance) oder auch ein per iSCSI (günstiger) angebundenes Speichersystem eingesetzt werden (siehe Kapitel 2.4).

Die Wahl und Art des zukünftigen zentralen Speichersystems (SAN) ist aus Sicht des Verfassers wichtig, da der Flaschenhals meist die Massenspeicheranbindung und nicht die CPU's und RAM der Server (Hosts) sind (siehe Kapitel 4.5).

In virtualisierten Umgebungen verschärft sich diese Problematik aufgrund zahlreicher simultan auf einem Server laufender Gastssysteme, die mit ihrem unterschiedlichen Lastverhalten gleichzeitig auf den Speicher zugreifen.

Da die VM's zentral liegen, nutzen die Hosts das SAN als gemeinsamen Speicher („Shared Storage“). Somit ist der Start der VM's auf den beiden Hosts und auch eine „Live-Migrationen“ laufender VM's (je nach Produkt/Lizenz) auf diesen Hosts möglich, was unmittelbar zu einer höheren Flexibilität und Verfügbarkeit führt.

Die VM's benutzen die virtuellen Disks ohne zu wissen wo sich die Daten eigentlich physisch befinden. Man sollte aber vorsehen z.B. für den Exchange Server oder die ERP-Datenbank getrennte virtuelle Disken für System, Datenbank und Transaktionslogs zu konfigurieren. Diese sollten auf verschiedenen LUNs liegen, damit es zu keinem Leistungseinbruch bzw. eventuell sogar zu einem Leistungszuwachs kommt.

In der Planungsphase sollten somit die richtigen Entscheidungen im Zusammenhang von RAID-Konfiguration, LUN-Größen und Lastverteilung getroffen werden.

Als Ausgangspunkt sind LUNs von 150GB bis 250GB geplant, mit jeweils ca. 5 bis 10 virtuellen Disken, bei geringerer Auslastung entsprechend mehr pro LUN. Zu viele kleine LUNs erhöhen Verwaltungsaufwand und Platzverschnitt, zu große LUNs können zu Leistungsengpässen führen.

Es können sich Performance-Probleme vieler VM's auf dem gleichen LUN durch gegenseitige Beeinflussungen bei Plattenzugriffen ergeben. Durch die Verwendung mehrerer HBAs in den Hosts, und damit mehrerer Pfade zu den unterschiedlichen LUNs, funktioniert auch ein Lastausgleich vom Host zum Speicher; bei einem einzigen LUN ist es nur Redundanz.

Bei den I/O-lastigen Systemen (Exchange, ERP) sollen die virtuellen Platten auf einem separaten RAID-Set liegen, wobei sich die Performance des RAID-Sets mit einer größeren Anzahl von physischen Platten („Spindel“) weiters erhöht. Auf einem guten Mix von gering bis stark ausgelasteten VM's auf einem LUN ist zu achten.

Eventuelle Planungsfehler beim Speichersystem (Storage) lassen sich nachträglich durch die großen Datenmengen nur schwer und mit längeren Ausfallszeiten beheben.

#### **Redundante Auslegung (Empfehlung):**

Desweiteren bildet die Grundlage für einen stabilen Betrieb die redundante Ausführung möglichst aller Komponenten in den Servern (Lüfter, Netzteil, Netzwerkkarten).

Es sollten auch mindestens zwei physische LAN-Switches, zwei FC-Switches (wenn ein FC-SAN zum Einsatz kommt, mit zwei Speicher-Kontrollern) und die doppelte unterbrechungsfreie Stromversorgungsausführung (USV) vorhanden sein.

Außer den FC-HBAs und FC-Switches sind diese Redundanzen beim Beispielbetrieb vorhanden.

### **3.7 Spezifikation der Virtualisierungslösung**

Durch die Ist-Erhebung (siehe Kapitel 3.2), die Kundenbefragung (siehe Kapitel 3.3), die Ressourcenbedarfsermittlung (siehe Kapitel 3.4), lässt sich somit die Spezifikation der Lösung festhalten:

- **Server:** 2 Stk. x86 Server (redundante Komponenten: HDD, Netzteil, Lüfter), 24GB RAM, QuadCore, mindestens 6 Port 1GB/s Netzwerkkarte (für die

---

Netzwerklastverteilung der VM's, gebündelte Anbindung an das Storage), vorzugsweise als Rack-Version

- **Zentrales Speichersystem (Storage):** iSCSI oder FC, redundante Anbindung, skalierbar/erweiterbar, benötigt werden beim Beispielbetrieb derzeit ca. 300GB Nutzdaten plus 50GB Datenbanken, ca. 134 GB für vDisk der VM's, eventuell Platz für Backups (Snapshots, etc.). Es soll mindestens 3 RAID-Sets (mit mehreren Spindeln – vier oder mehr) für die zentral liegenden VM's, Nutzdaten und Datenbanken enthalten. Durch die Aufteilung in verschiedene LUNs zur Performanceverbesserung trotz zentraler Ablage aller VM's sollte keine merkliche Verschlechterung der Performance auftreten.
- **Sicherung/Wiederherstellung:** Eine tägliche Sicherung ist vorzusehen, wenn möglich während die VM's laufen („Hot Backup“). Der Wiederherstellungsvorgang (Recovery) soll so einfach wie möglich gestaltet werden, damit wenn dieser Fall eintritt, so wenig wie möglich falsch gemacht werden kann. Die (nur geänderte) Nutzdaten (Fileshares, Datenbanken, etc.) sollen täglich in der Nacht bei wenig Aktivität (wenn möglich sogar mehrmals täglich) gesichert werden. Eine wöchentliche Vollsicherung hat zu erfolgen, das Sicherungskonzept wird mehrstufig ausgelegt (B2D2T: Backup-To-Disk-To-Tape).
- **Ausfallsicherheit/Hochverfügbarkeit:** Eine High-Availability Funktion (HA) sollte unbedingt vorgesehen werden, um die Ausfallsicherheit des Gesamtsystems (des Hosts) und somit die Verfügbarkeit („Up-Time“) zu erhöhen.
- **Unterstützung folgender Betriebssystemen als Gast:** Aktuelle Microsoft-Betriebssysteme (Windows Server 2003 SP2 32-bit u. 64-bit, Windows 2008 Server 64-bit), Linux Debian 4 (Etch)
- **Wartung:** Wird so einfach wie möglich gestaltet, vom Betrieb selbst durchführbar, ausreichende Überwachungsmöglichkeiten bieten und Warnungen bei Fehlern und Überlastungen generieren.
- **Flexibilität:** Eine der Skalierbarkeit für zukünftige eventuell benötigten Ressourcenerweiterungen (zusätzliche Hosts, Storageerweiterung), Lastverteilungsmöglichkeiten bei Lastspitzen, Erweiterungsmöglichkeiten über Skripte/Addons sollen gegeben sein.

- **Support:** Alle vorhandenen Server sind in eine homogene, ausbaufähige Virtualisierungslandschaft überzuführen, deswegen sind die Supportmöglichkeit und eine verlässliche Roadmap des Herstellers zu beachten.

Durch die Forderung an eine erhöhte Stabilität (geringere Applikationsbeeinflussung), werden die derzeit auf den Servern 1, 2, 4 befindlichen Applikationen/Services aufgeteilt. Es ergeben sich somit rund 15 Stück virtuelle Maschinen. (siehe Abbildung 22)

Services in der VM	Betriebssystem	RAM (geschätzt)	vDisk (geschätzt)
Benutzerverzeichnis (AD: Active Directory Services, Domaincontroller)	Windows 2003	384MB	8GB
File-Server, Domaincontroller	Windows 2003	512MB	8GB / 500GB (Daten)
CAD-Server (Lizenzserver, Fileserver)	Windows 2003	384MB	8GB
Printserver	Windows 2003	384MB	8GB
DCHP-Server, DNS-Server	Windows 2003	384MB	8GB
ERP-Applikationsserver (Webserver, Apache)	Windows 2003x64	1536MB	8GB
ERP-Datenbank-Server (SQL)	Windows 2003x64	2048MB	8GB/ 100GB (DB)
Mailserver (Exchange 2003), Faxserver (GFI-Faxmaker 12)	Windows 2003	2048MB	8GB
Webserver für Intranet; Wiki, Dashboard-Controlling (Apache)	Windows 2003	512MB	8GB
Webserver für Extranet: Händlerzugriff, Serviceloggbücher für gelieferte Anlagen	Windows 2008x64	1024MB	20GB
Sicherungsserver (Backup Exec)	Windows 2003	512MB	8GB
Zeiterfassungssystem (MySQL)	Windows 2003	512MB	8GB
Managementservices, Monitoring-Topologieübersicht, Überwachung (z.B. Nagios 3)	Linux/Debian 4	512MB	4GB
Ressourcenkalender (Zimbra Collaboration Suite 5.0)	Linux/Debian 4	1024MB	6GB
Windows Update-Services (WSUS 3.0)	Windows 2003	512MB	8GB
Anti-Virus-Services (Bitdefender), Anti-Spam-Services (GFI MailEssentials 14)	Windows 2003	512MB	8GB

Abbildung 22: Übersicht der empfohlenen Aufteilung in virtuelle Maschinen (Beispielbetrieb)

Es ergibt sich somit ergibt sich ein Gesamtressourcenbedarf an die Server und den zentralen Speicher:

<b>RAM-Bedarf/Server:</b>	<b>ca. 12-13 GB</b> (mit Reserven bzw. HA sind 24GB vorzusehen)
<b>HDD-Bedarf (aller VM`s)/ zentraler Speicher:</b>	<b>ca. 134 GB + 300GB Daten + 50GB Datenbank</b>

### 3.8 Testplattformbeschreibung

Als Testplattform für die verschiedenen Virtualisierungsprodukte standen dem Verfasser folgende Server zur Verfügung (2 Stück):

Bezeichnung:	Fujitsu      Siemens      PRIMERGY      RX300S3 (Bios 4.06 Rev. 1.14.2119)
Prozessor:	1 x Intel XEON E5310 1,6GHZ, 2x4MB QC
RAM:	8 GB PC2-5300F ECC
HDD:	2 x 73 GB 15k SAS
	LSI MegaRaid PCIe 256MB Cache, RAID1 konfiguriert
NIC:	2 x Broadcom NetXtreme GB BCM5715 (Onboard) 1 x Intel Pro1000PT 82571EB GBit Dual-Server Adapter 2xRJ45 PCI-e, 1x Intel Pro 1000CT 82574L GBit Adapter PCI-e
HBA:	1 x EMULEX LPe1150 4GB/s FC-Adapter
Sonstige Komponenten:	iRMC (integrated Remote Management Controller), 2 Hotplug Netzteile mit je 600W

Im BIOS (Basic Input Output System) wurden folgende Einstellungen zur vollen Unterstützung der Virtualisierungsprodukte aktiviert (teilweise werden diese vorausgesetzt) (siehe Abbildung 23):

Menü: Advanced -> Advanced System Configuration

Virtualization Technology	Enabled
I/OAT	Enabled

Die Intel I/O Acceleration Technology (I/OAT) stellt zusätzliche Merkmale zur Verfügung, um den Netzwerkdurchsatz bei gleichzeitiger Verringerung der CPU-Last zu erhöhen (besonders bei mehreren eingebauten Gbit-Netzwerkarten). [34]

Die Maßnahmen sind die Reduzierung des CPU-Overheads durch "TCP-Chimney-Offload", eingehende Netzwerk-Traffic Verteilung auf mehrere Prozessoren/Cores mittels "Receive-Side Scaling" und "Network Direct Memory Access" (NetDMA), um die CPU bei Speicheroperationen zu entlasten.

Diese Technologie muss auch vom Betriebssystem (z.B. mit Windows Server 2003 SP2 Scalable Networking Pack) und den Netzwerkkartentreibern unterstützt werden.

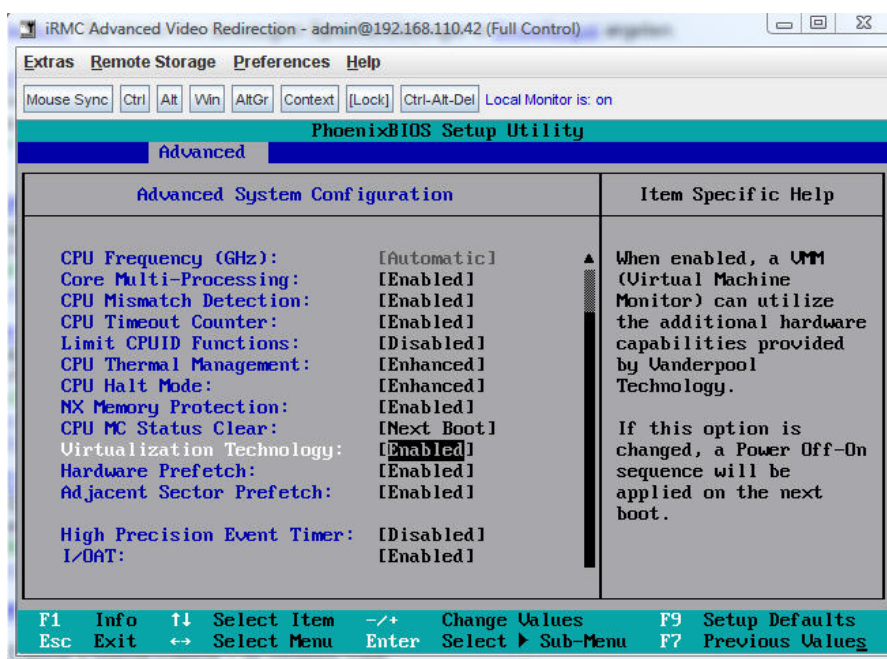


Abbildung 23: BIOS Einstellungen für Virtualisierung (Beispielbetrieb)

Die Server wurden für jeden Test mit den dazu benötigten zertifizierten Treibern und Hersteller Management-Tools (Fujitsu-Siemens Serverstart DVD 7.806), immer neu installiert.

Sehr nützlich war dabei der integrierte Remote Management Controller (iRMC), der auf Basis der Initiative IPMI „Intelligent Platform Management Interface“ eine Verbindung zum Server ermöglicht, auch wenn kein Betriebssystem gestartet bzw. die Server heruntergefahren waren. [35]

Somit ist es nicht nur möglich remote auf das BIOS zuzugreifen, sondern auch das jeweilig benötigte Betriebssystem bequem von einem Arbeitsplatz aus zu installieren. Der Zugriff erfolgt dabei per Webbrowser, entweder per http oder https auf die vergebene IP-Adresse, die man einmal fix einstellt.

Die IP-Vergabe per DHCP wäre auch möglich, wurde aber nicht gewählt da nach Meinung des Verfassers alle Server eine fixe Management-IP-Adresse haben sollten.

In der iRMC-Weboberfläche kann man alle Hardware relevanten Infos (Lüfter, RAM-CPU-Status, Temperaturen, Spannungen, Ereignis-Protokolle, etc.) abfragen. Man kann auch Netzwerkeinstellungen, Alarm-Meldungseinstellungen (SNMP-Traps) vornehmen, den Server aus-/einschalten/resetten, und – für die Remote Installation sehr wichtig – die Bildschirmausgabe (auch grafisch) umleiten (im Menüpunkt: Console Redirection → Video Redirection → Start Video Redirection) (siehe Abbildung 24).

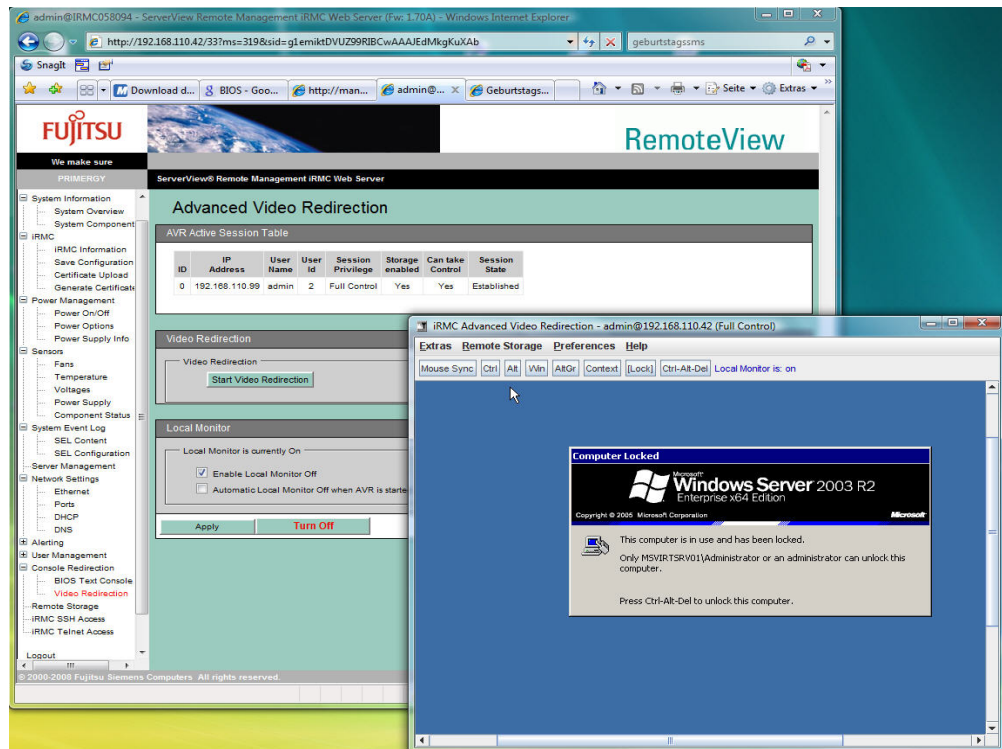


Abbildung 24: iRMC Bildschirmausgaben-Umleitung (Advanced Video Redirection) (Beispielbetrieb)

Per "Remote Storage" kann man ein CD/DVD-Laufwerk oder eine .iso-Datei von einem entfernten Rechner auf BIOS-Ebene mounten (verbinden). D.h. zur Installation eines Betriebssystems muss die Installations-CD/DVD nicht im lokalen Laufwerk liegen.

Diese Methode wurde für die Testinstallationen der Betriebssysteme/ Virtualisierungsprodukte genutzt.

## 4 VIRTUALISIERUNGSPRODUKTE

In diesem Kapitel werden verschiedene Virtualisierungsprodukte verschiedener Hersteller getestet und Aufbau, Administration und ihre Möglichkeiten (Features) näher vorgestellt. Dabei geht der Verfasser kurz auf die Inbetriebnahme (Installation) ein, listet Vorzüge und Mängel auf und bewertet abschließend die Produkte anhand einer Kriterienmatrix entsprechend den Prioritäten des Beispiel-Unternehmens.

### 4.1 Microsoft

Microsoft bietet im Virtualisierungsbereich mit dem Microsoft Virtual Server 2005R2 schon länger eine Lösung an (siehe Kapitel 4.1.1). Aufgrund der stetigen Entwicklung wurde der aktuelle Windows 2008 Server mit einem komplett neuentwickelten Hypervisor „Hyper-V“ ausgestattet (siehe Kapitel 4.1.3).

Als ein weiterer, schlanker Vertreter ohne grafische Benutzeroberfläche, der auch den neuen Windows Hypervisor enthält, kam im Oktober 2008 der Microsoft Hyper-V Server 2008 dazu (siehe Kapitel 4.1.2).

Es wurden folgende drei Produkte getestet:

- Microsoft Virtual Server 2005R2 SP1 – Enterprise Edition
- Microsoft Hyper-V Server 2008
- Microsoft Windows Server 2008 mit Hyper-V Enterprise Edition x64

#### 4.1.1 Microsoft Virtual Server 2005R2

Der schon etwas ältere, kostenfreie Microsoft Virtual Server 2005R2 ist ein Vertreter der Host-Based Systemvirtualisierung, bei der ein vollwertiges Host-Betriebssystem benötigt wird (siehe Kapitel 2.3.1 und Abbildung 25). [36] Zu Testzwecken wurde als Host-Betriebssystem ein Windows Server 2003R2 x64 Enterprise Edition gewählt [37].

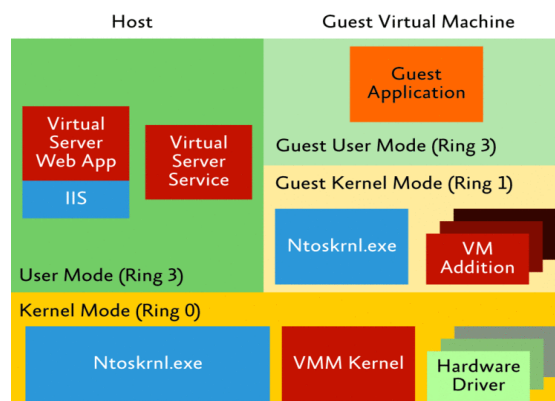


Abbildung 25: Host-Based Virtualisierung (Bsp. MS Virtual Server) [44]

Mit den „Virtual Machine Additions for Linux“ werden auch diverse Linux-Distributionen als Gastssysteme besser unterstützt [38]. Der ursprüngliche Virtual Server 2005 und das



„Virtual Server Migration Toolkit“ sind schon ältere Produkte aus dem Jahr 2004. Neueste Betriebssysteme wie z.B. Windows Server 2008 als Gastsystem werden nicht offiziell unterstützt (siehe Kapitel 2.2.3).

### **Installation:**

Nach Starten der Installation und Eingabe der Installations-Art wählt man den Websiteport der Verwaltungswebseite zur Administration aus, wobei der Web-Server (IIS-Internet Information Server) vorher schon laufen muss. Nach Durchlauf der Installation (Dauer: ca. 1 Minute) verbindet man sich mit der Verwaltungswebseite und kann schon die erste virtuelle Maschine anlegen. Man vergibt einen Namen, die Größe des Arbeitsspeichers und der neuen virtuellen Festplatte, die Festplatten-Kontrollrat sowie die virtuelle Netzwerkkarte die einem Netzwerk zugordnet wird. Während des Erzeugens der virtuellen Festplatte hat der Server äußerst zäh reagiert. Zum schnelleren Anlegen weiterer VM's wurde in den Eigenschaften des virtuellen CD/DVD-Laufwerks bei jeder VM auf das entsprechende Betriebssystem ISO-Image verwiesen, das davor von der Installations-CD/DVD mit dem ISO Recorder erstellt wurde. [40]

Zum Hinzufügen vorhandener VM wurde eine vorhandene Disk-Datei (\*.vhd) und die Konfig-Datei (\*.vmc) kopiert und in dieser der Pfad und Name der VM angepasst (xml-Datei) und dann gestartet. Um die Leistung der Gastsysteme zu verbessern, wurden in den einzelnen VM's die "Virtual Machine Additions" installiert, die spezielle Treiber (Maus, Grafik, HDD-Kontroller) mitbringen.

Damit man die laufenden Gäste fernsteuern kann, muss der VMRC-Server (Virtual Machine Remote Control) aktiv sein, der auf einem anderen Port als das Vorgeschlagene (Port: 5900) aktiviert werden sollte, da auch das bekannte Fernsteuerungsprogramm VNC denselben Port verwendet. [39] Mit dem schlanken Virtual Machine Remote Client (*C:\Program Files\Microsoft Virtual Server\VMRC Client\vmrc.exe*) kann man sich dann an der entsprechende VM anmelden (siehe Abbildung 26).

Während der Tests wurde eine zusätzliche Netzwerkkarte eingebaut, woraufhin der Virtual Server-Dienst "vssrvc.exe" nicht mehr richtig startete ("hängen blieb"). Dieser Umstand konnte nur durch ein neues Aufspielen eines Sicherungs-Image, welches vorher vom Host erstellt wurde (Dauer: ca. 15min), wieder behoben werden (siehe Kapitel 4.6.3).

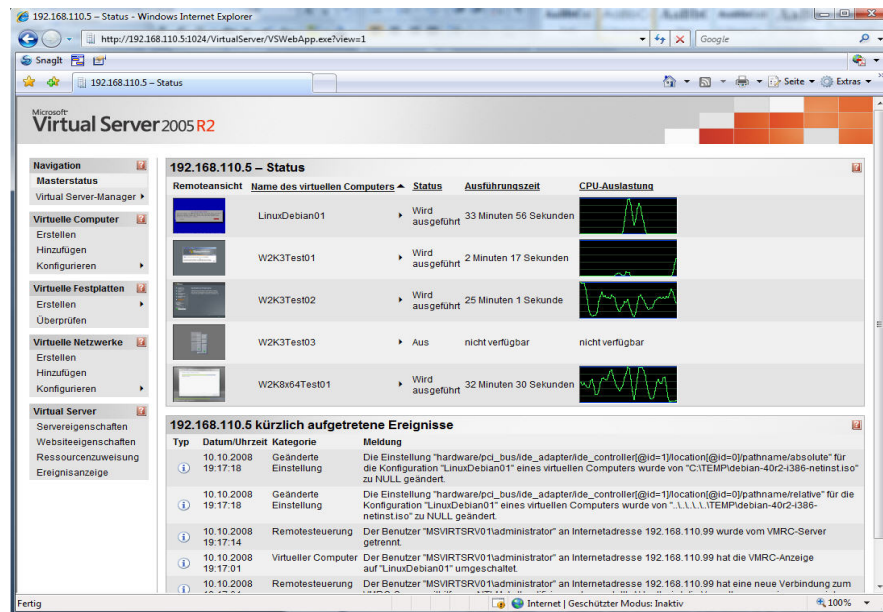


Abbildung 26: Microsoft Virtual Server 2005R2 SP1 Verwaltungswebseite (Beispielbetrieb)

### Sicherung (Backupmöglichkeiten):

Zum Sichern der virtuellen Maschinen hat der Verfasser ein kurzes Skript, welches die VM's auf ein Netzlaufwerk kopiert, erstellt. Wichtig ist, dass sich die VM's vorher in einem konsistenten Zustand befinden, d.h. ausgeschaltet sind (siehe Anhang 5). Dazu gibt es von Microsoft ein Beispiel-Skript, das angepasst wurde, welches aber nur Windows 2003 Gastssysteme unterstützt (siehe Anhang 6). [41] In der Nacht – per Taskscheduler ausgeführt – werden so die VM's heruntergefahren, Backups erstellt und per Skript wieder gestartet (siehe Anhang 7). Für andere Betriebssysteme wie z.B. Debian gibt es ein installierbares Paket ("Shutdown at Night"). [42]

### Hochverfügbarkeit (High-Availability):

Da für eine Hochverfügbarkeit (High-Availability) beim MS Virtual Server 2005R2 ein Microsoft Cluster (Microsoft Cluster Service, MSCS) benötigt wird, wurde das nicht getestet.

### Plus:

- Kostenlos und einfach in der Inbetriebnahme.
- Der Funktionsumfang ist essenziell, man kann nicht viel falsch machen, kein extra Client nötig.

### Minus:

- Benötigt ein Host Betriebssystem, Windows- Lizenz erforderlich.
- Die Ressourcenzuweisung an die VM's ist sehr eingeschränkt: Nur CPU Kapazität (reserviert und eine maximal in %) ist mit einer relativen Gewichtung zu vergeben, keine Langzeitübersichten, keine Übersicht über die Zuteilung von Ressourcen.

- Unübersichtliche Bedienung.
- Teilweise zäh reagierende Verwaltungsseite.
- Keine Templates (Vorlagen) von Betriebssystemen vorhanden.
- High-Availability nur per Microsoft Cluster möglich (teuer).

Da es sich beim Microsoft Virtual Server 2005 um eine Host Based Virtualisierungslösung mit all den Nachteilen handelt, hat sich der Verfasser auf die Nachfolger Microsoft Hyper-V Server 2008 und Windows 2008 Server Enterprise mit Hyper-V konzentriert (siehe Kapitel 4.1.2, 4.1.3).

#### 4.1.2 Microsoft Hyper-V Server 2008

In der Windows 2008 Server-Entwicklung wurde der Kernel grundlegend überarbeitet, um eine erweiterte und verbesserte Virtualisierungsplattform mithilfe des Hypervisors "Hyper-V" (Codename: „Viridian“) anzubieten.

Das aktuellste Virtualisierungsprodukt, der Hyper-V-Server 2008, wird als schlanke Virtualisierungsplattform kostenlos zur Verfügung gestellt. [43] Er besteht aus einem abgespeckten 64bit Betriebssystemkern und setzt die Hardware Virtualisierungserweiterungen der aktuellen CPUs voraus (siehe Kapitel 2.2.3). Es werden alle aktuellen Windows Server Versionen und einige Linux-Distributionen als Gastssysteme unterstützt.

Der Hypervisor kommuniziert nun direkt mit der Hardware des Hosts im Gegensatz zur Host Based Virtualisierung des Microsoft Virtual Server 2005R2 (siehe Kapitel 4.1.1), bei dem der VMM als Device-Driver implementiert ist, damit sehr abhängig von dessen Ressourcenverteilung (CPU) und somit auch langsamer ist (siehe Abbildung 25).

Bei der Hyper-V Architektur läuft das Betriebssystem (Windows 2008) selbst in einer virtuellen Maschine. Diese "Master- oder Root-Partition" kommuniziert direkt mit der Hardware (Netzwerkkarten, Festplatten, Grafik). Der nur 800KB große Hypervisor fängt Hardware I/O Zugriffe von den "Child-Partitionen", in denen sich die Gastssysteme befinden ab und leitet diese in die Root-Partition, die Standard Windows 2008 Treiber für den Hardwarezugriff verwendet. Beim Konfigurieren des Windows 2008 Servers mit der Hyper-V Rolle wird diesem je nach AMD-V oder Intel VT CPU-Erweiterung ein Gerätetreiber „untergeschoben“, der dem Hypervisor mittels dieser CPU-Virtualisierungserweiterung ermöglicht auf einem noch niedrigeren Level (Ring -1) zu laufen, um die Kontrolle über die in Ring 0 laufenden Anwendungen zu erlangen. Zur Verbesserung der Child-VM Performance gibt es die "Integration Support Tools" für die Gastssysteme (optimierte Netzwerkkarten und Disk-Treiber). Diese enthalten den Virtual Service Client, der die Rolle des Device-Treibers in der VM übernimmt und über den VM

Bus Driver I/O-Anforderungen in die Root-Partition sendet. Der korrespondierende Virtual Service Provider initiiert daraufhin Standard Windows I/O-Anforderungen mittels Root Device-Treibern (siehe Abbildung 27). [61]

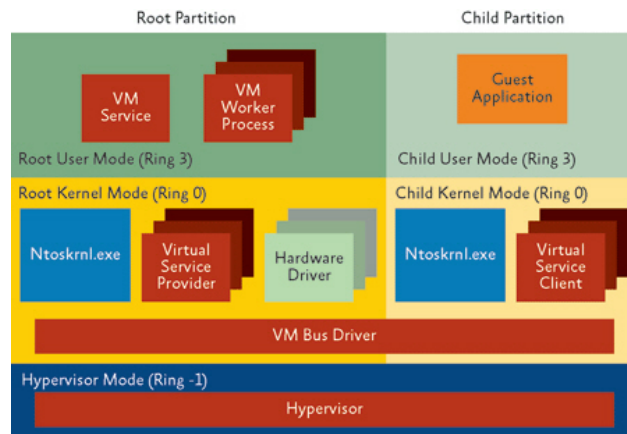


Abbildung 27: MS Hyper-V Architektur [44]

Die VM's des Virtual Servers 2005R2 sind aufgrund des gleichen Disk-Formats (VHD) mit dem Hyper-V kompatibel. Man kann diese mounten und ohne Konvertierung sofort verwenden (starten). [45] Live Backup der VM's mittels Volume Shadow Services (VSS), erweiterte Speicherunterstützung (DAS, SAN, NAS) und VM-Snapshots sind jetzt prinzipiell auch möglich. Es werden auch mehrere CPU-Sockets (bis zu 4 Stk./je 4 Kerne) bis zu 32 GB RAM (31GB für die VM's) und bis zu 128 Stück VM's unterstützt. Kostenlose, vergleichbare Lösungen anderer Hersteller bieten als Einstieg in die Virtualisierung ähnliche Merkmale (siehe Kapitel 4.2.2 und 4.3.1).

#### Anforderungen an die HW:

- 64-bit fähiger Prozessor (mit AMD-V oder Intel VT, muss eventuell im BIOS aktiviert werden)
- Windows Server 2008 64 Bit Version erforderlich
- Data Execution Prevention (DEP, muss eventuell im BIOS aktiviert werden)

#### Installation:

Es handelt sich beim Hyper-V Server 2008 um eine kostenlose Plattform auf Basis des Windows 2008 Servers. Nach dem Durchlauf der Installation (per iRMC) ist nur eine Kommando-Konsole (hvconfig.cmd) vorhanden, in der man grundlegendste Konfigurationen des Servers vornehmen kann. Zur einfacheren Konfiguration bietet sich auch das kostenlose "CoreConfigurator-Tool" an. [46]

Zum Hinzufügen von VM's wurde auf einem Test-PC das "Management Tool Update für Hyper-V" installiert (KB952627, dieses benötigt MS Vista SP1), womit man den Hyper-V Server remote verwalten kann. Zuvor wurde am Hyper-V Server die Firewall abgedreht:

Befehl: *netsh firewall set opmode disable*

Status Kontrolle: *netsh firewall show opmode*

Der Aufruf des Hyper-V Managers erfolgt per Befehl:

*runas /nopprofile /env /user:admin@netconcepts.org /savecred "mmc virtmgmt.msc"*

Mittels dieses Hyper-V Managers können nun die Einstellungen der VM's wie auch die Grundoperationen (Starten, Herunterfahren, etc.) ausgeführt und auf einfachem Wege Snapshots (Schnappschüsse) erstellt werden (siehe Kapitel 4.5 und Abbildung 28).

Für den Funktionstest wurden die VM's, erstellt mit dem MS Virtual Server 2005, weiterverwendet (siehe Kapitel 4.1.1). Dieser (Import-) Vorgang ist sehr einfach, und dauerte nicht einmal eine Minute.

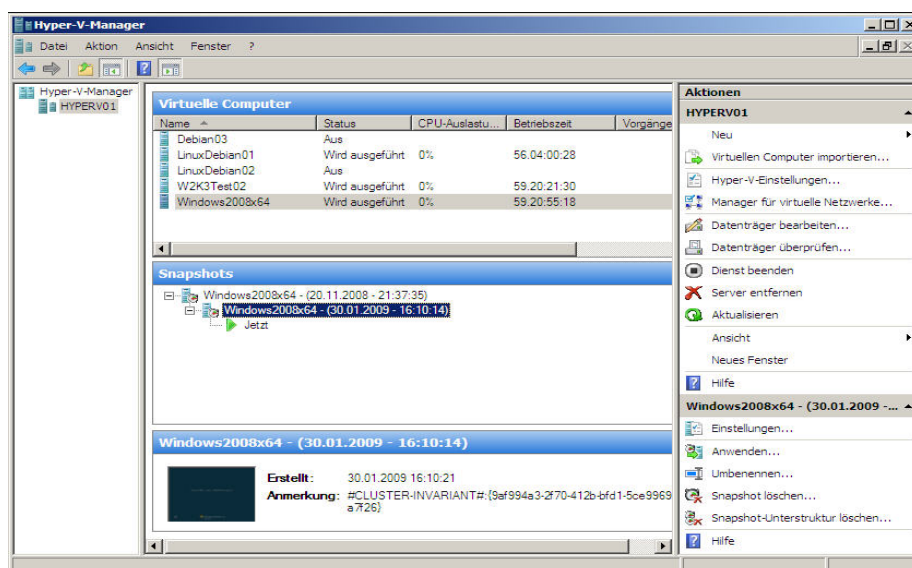


Abbildung 28: MS Hyper-V-Manager (Beispielbetrieb)

Die virtuellen Disken werden auf einem zentralen Speicher abgelegt. Der Verfasser hat sich zur Verwendung eines iSCSI-Speichersystems (Openfiler) entschlossen, dessen Volumes wie eine lokale Festplatte über das IP-Netz angebunden werden können (siehe Kapitel 4.5.1). Die Einbindung eines zuvor erstellten Volumes auf dem Speichersystem als iSCSI-Target erfolgt folgend:

#### Starten des iSCSI-Diensts:

Befehle: *sc config msiscsi start= auto → sc start msiscsi*

#### iSCSI-Target-Portal verbinden:

Befehl: *iscsictl qaddtargetportal 192.168.110.8* (IP vom Openfiler)

#### iSCSI-Targets auflisten:

Befehl: *iscscli listtargets*

Mit dem Target (iqn.2006-01.com.openfiler.tsn.02), das dem Volume zugewiesen wurde, verbinden:

Befehl: *iscscli qaddtarget iqn.2006-01.com.openfiler:tsn.02 192.168.110.8*

An das Target anmelden (ohne Authentifizierung):

Befehl: *iscscli logintarget iqn.2006-01.com.openfiler:tsn.02*

Eine permanente (persistant) Verbindung zum Target einrichten, damit diese auch nach einem Reboot wiederhergestellt wird:

Befehl: *iscscli PersistentLoginTarget iqn.2006-01.com.openfiler.tsn.02 T \* \* \* \* \**  
*\* \* \* \* \* 0 (15 mal \*, Details siehe iSCSI Users Guide) [47]*

Die iSCSI-Festplatte ist jetzt als Disk 1 verfügbar, und muss noch partitioniert und zugewiesen werden:

Befehle: *diskpart → select disk 1 → online disk → attribute disk clear readonly → create partition primary → assign letter=v → format quick → exit*

Nach der Übernahme der VM's wurden die „Integrationsdienste“ („Hyper-V Integration Components and Enlightenments“) mit optimierten/synthetischen Video-, Netzwerk-, Storage-Treiber installiert. Für Linux-Distributionen gibt es die Integrationsdienste nicht, deshalb laufen Linux-Gäste mit emulierten Treibern entsprechend langsamer.

Testweise wurde der „Microsoft System Center Virtual Machine Manager 2008“ (MSCVMM) zur umfangreicheren Verwaltung als Alternative zum kostenlosen Hyper-V Manager installiert. [48] Die zuvor per Hyper-V Manger verwalteten VM's lassen sich jetzt umfangreicher verwalten (siehe Abbildung 29).

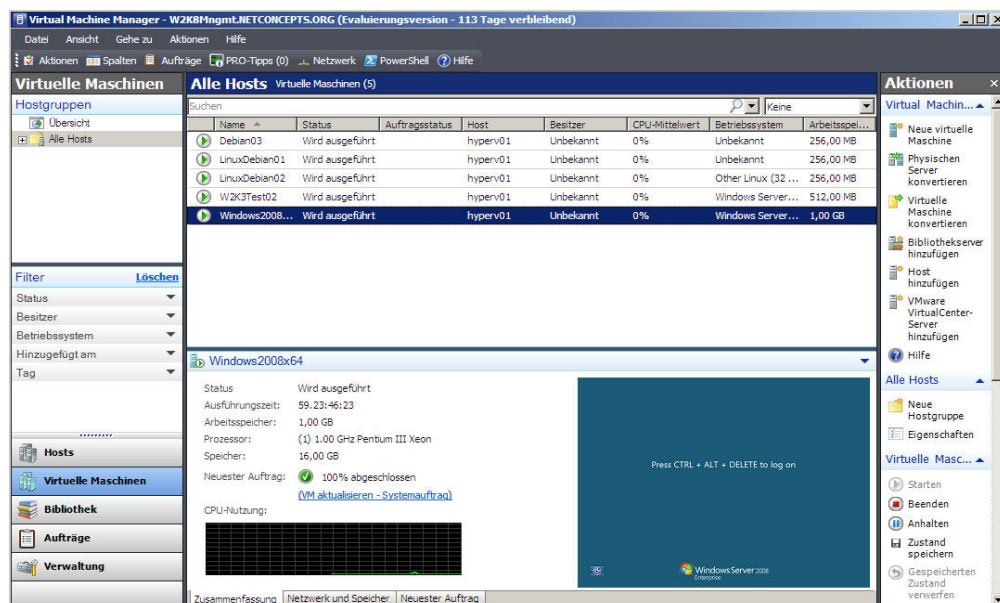


Abbildung 29: MS System Center Virtual Machine Manager 2008 (MSCVMM) (Beispielbetrieb)

**Plus:**

- Gute Windows-Server Konsolidierungsmöglichkeiten.
- Kostenlos und kurze Einarbeitungszeit.
- Die Root-Partition verwendet Standard-Windows Device-Treiber, womit eine sehr umfangreiche breite Hardwarepalette unterstützt wird.
- Erst mit dem kostenpflichtigen Microsoft System Center Virtual Machine Manager 2008 (MSCVMM) wird ein umfangreiches Management der Infrastruktur ermöglicht z.B. inklusive. Physical-to-Virtual Konvertierung (P2V), intelligente Platzierung der VM's und eine Bibliothek zur Organisation der VM's. Er kann auch andere Virtualisierungsplattformen verwalten (z.B. VMware ESX).

**Minus:**

- Verwaltung nur mit dem "Client" Hyper-V Manager (keine Webseite) möglich, der nur rudimentäre Funktionalitäten und eine unzureichende Darstellung der Ressourcennutzung bietet (jedoch sehr einfach gehalten).
- Da der Hyper-V Manager nur auf Windows Vista SP1 oder Windows 2008 Server läuft, wird mindestens eine MS Vista Lizenz zur Verwaltung benötigt.
- Der System Center Virtual Machine Manager 2008 zum Verwalten wäre kostenpflichtig; er ist aus Sicht des Verfassers unübersichtlich aufgebaut und reagiert ein wenig träge.
- Es gibt keine Möglichkeit VM's zwischen den Hosts ohne Unterbrechung zu verschieben (LiveMigration, VMotion), es gibt eine Quick Migration-Funktion (prinzipiell eine „Snapshot- und Verschieben-Aktion“).
- Der offizielle Support von Linux als Gastsystem ist auf Suse Linux Enterprise Server 10 und Red Hat Enterprise Linux 5.1 beschränkt, Keine optimierten Treiber für Linux-Distributionen.
- Insgesamt sehr stark "Windows-lastig".

**4.1.3 Microsoft Windows Server 2008 mit Hyper-V Enterprise Edition x64**

In Bezug auf Virtualisierung ist der Windows Server 2008 mit Hyper-V ähnlich wie der Microsoft Hyper-V Server 2008 (siehe Kapitel 4.1.2), nur stellt er ein vollständiges Betriebssystem mit allen Windows Funktionalitäten (Rollen) dar und ist daher auch kostenpflichtig.

**Installation:**

Bei der Installation des Windows 2008 Server (64bit Enterprise Version) muss man sich zwischen der "Full-Installation" mit vollständigen grafischen Windows User Interface zur Verwaltung und allen Windows Applikationen z.B. Backup, etc. (gut bei einer Single-

Server Lösung) und der “Server-Core” Installation ohne der GUI (schlanker, weniger Angriffsfläche, besser bei mehreren Servern) entscheiden.

Bei der Auslieferung von Windows 2008 Server war der Microsoft Hypervisor noch nicht fertiggestellt (Beta). Es wurde das Hyper-V Update (KB950050), welches für produktive Systeme (Juni 2008) empfohlen wird, installiert. [49]

Das Rollen-Model des Windows 2008 Servers (z.B. DNS-Server, DHCP-Server, Active.-Directory-Domänendienste etc.) wurde um einen Hypervisor-Dienst “Hyper-V” erweitert. Dazu wählt man im Server-Manager unter “Rollen hinzufügen” den Hyper-V aus, gibt das virtuelle Netzwerk (Netzwerkkarte über die der Server kommunizieren soll) an und startet abschließend den Server neu.

Ab diesem Zeitpunkt kann man die Verwaltung der VM’s entweder mit dem Hyper-V Manager oder dem umfangreicheren System Center Virtual Machine Manager 2008 vornehmen (siehe Kapitel 4.1.2).

## 4.2 VMware

### 4.2.1 VMware Server 2.0 unter Debian 4.0 Linux

Als Vertreter der Host-based Virtualisierung wurde der kostenlose VMware Server 2.0 (built 122956, zum Testzeitpunkt) auf Linux-Basis getestet. Der VMware Server läuft auch auf Windows-Betriebssystemen, der Verfasser hat aber Linux als schlanke, kompakte Basis gewählt, da man sich eine Windows Lizenz erspart. Dabei kam ein Debian 4.0r6 (Etch, mit Kernel 2.6.18-6) Linux 64-bit (amd64) Version zum Einsatz, zumal jetzt der VMware Server ab Version 2.0 auch auf 64-bit Linux Distributionen nativ läuft. [50] [51]

#### Installation:

Nach dem booten vom ISO-Image per iRMC und der obligatorischen Abfrage von Sprache, Rechnername, Domäne, Netzwerkkarte (eth2), etc. wurde die Partitionierung manuell wie folgt gewählt:

/	<i>ext3</i>	<i>10GB</i>
/SWAP	<i>Swap</i>	<i>16GB (2x RAM)</i>
/VM	<i>ext3</i>	<i>ca. 46GB (Rest ev. virtuelle Maschinen)</i>

Nach der Auswahl des Spiegelservers (<http://ftp2.de.debian.org> – für zusätzlich benötigte Pakete), der Abwahl aller Software-Sammlungen die standardmäßig installiert werden sollen und der Definition des Root-Passworts, installiert sich der GRUB-Bootloader in den Master-Boot-Record, woraufhin das Debian neu gestartet werden muss. Danach wurden der Midnight-Commander als übersichtlichen Dateixplorer und SSH für die spätere Fernwartung per Kommandozeile mit dem Befehl „*apt-get install mc ssh*“ installiert.



Mit dem Midnight-Commander (Befehl: *mc*, *F4* für bearbeiten) wurde dann die `etc/network/interfaces` bearbeitet, der Netzwerkkarte `eth2` eine fixe IP-Adresse vergeben und danach den DNS-Server in der Datei `/etc/resolv.conf` bekannt gegeben und mit einem ping-test auf [www.htwm.de](http://www.htwm.de) abgeschlossen.

Jetzt erfolgt die eigentliche Installation des VMware Servers auf dem Host:

Zuerst werden einige Pakete wie die Kernel-Header und der Compiler benötigt.

Befehl: `apt-get install linux-headers-$(uname -r) build-essential xlibs-static-dev`

Anschließend wurde der VMware-Server nach `/install` entpackt (vorher von CD-Rom gemountet)

Befehl: `tar zxvf /mnt/vmware-server-2.0.0-122956.x86_64.tar.gz`

und per Installationsskript

Befehl: `cd vmware-server-distrib`  
`./vmware-install.pl`

gestartet.

Es erfolgt die Konfiguration (Netzwerk) inklusive notwendiger Übersetzung der VMware Server-Module. Da sich die Kernel-Sourcen bzw. Headers nicht an dem Ort befinden, an dem sie VMware erwartet (`usr/src/linux/include`), wurde ein symbolischen Link erstellt:

Befehl: `ln -s /usr/src/kernel-headers-2.6.18-6 /usr/src/linux`. Per `/usr/bin/vmware-config.pl`

lässt sich das virtuelle Netzwerk auch nachträglich konfigurieren; z.B. „`vmnet0` is bridged to `eth2`“ (1.te Broadcom-Netzwerkkarte). „Bridged“ bedeutet, dass für die VM eine eindeutige Netzwerk-Identität im Gegensatz zu NAT erzeugt wird. Das Verzeichnis zum Ablegen der VMs habe ich auf `/VM` geändert (default: `/var/lib/vmware/Virtual Machines`). Somit ist die Installation abgeschlossen und man sollte den Host neu starten. Jetzt kann man den VMware Server VMware mit dem VMware Virtual Infrastructure Web Access kurz „Web-Interface“ verwalten <https://192.168.110.6:8333> (siehe Abbildung 30).

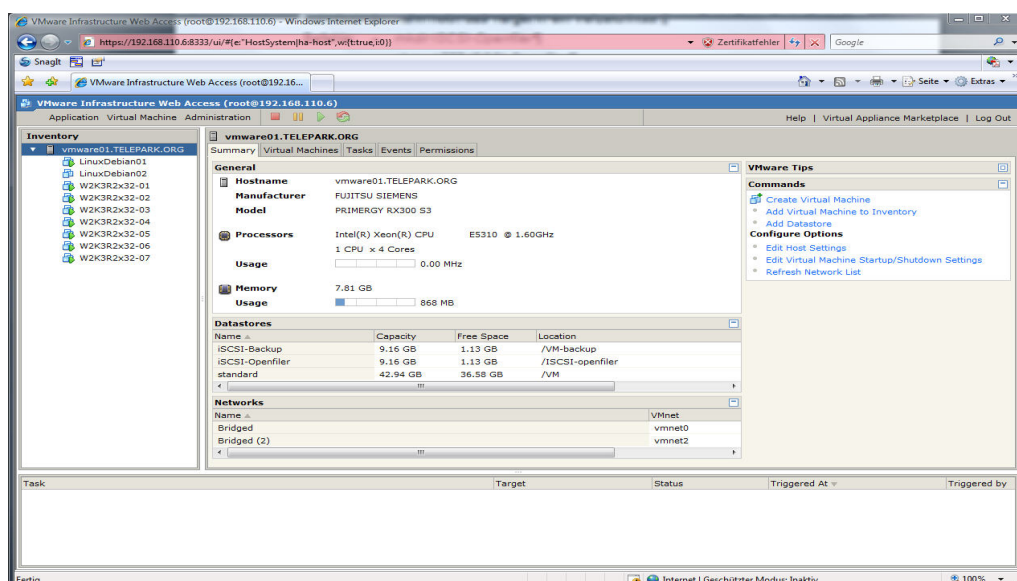


Abbildung 30: VMware 2.0 Server (Beispielbetrieb)

Nach dem ersten Einstieg sollte man das „VMware Remote-Console Plug-In“ (Internet Explorer Active-X Add-On) installieren, damit die Konsolen der VMs im Browser verwaltet werden können. Man kann den VMware Server auch mit einem eigenem Client-Programm, dem VI-Client (VMware Infrastructure Client) verwalten, welches man mit einem etwas versteckten Link (<https://192.168.110.6:8333/client/VMware-viclient.exe>) herunterlädt und auf ein Windows System installiert. Dieser ist eigentlich für den ESX-Server von VMware gedacht (siehe Kapitel 4.2.3) und bietet die zusätzliche Möglichkeit, sich die Performance-Diagramme (CPU, Disk, RAM) der einzelnen VM's oder des gesamten Hosts anzuschauen.

Nützliche Werkzeuge sind „putty“ (telnet- und ssh-Client) [52], mit dem man auch auf die Kommandozeile des Servers zugreifen kann, und „WinSCP“ [53], mit dem man per SFTP Zugriff auf das Dateisystem des Linux-Host hat.

### **Storage Anbindung: iSCSI-SAN (Openfiler) vom Host (Debian)**

Für die Ablage der VM's hat der Verfasser den Openfiler als iSCSI-SAN aus Kapitel 4.5.1 verwendet und das zuvor darauf erstellte iSCSI-Target „iqn.2006-01.com.openfiler:tsn.02“ eingebunden:

Den Open-iSCSI Initiator am Debian Host installieren:

Befehl: `apt-get install open-iscsi`

Den eigenen, eindeutigen Initiator-Namen kann man in der `/etc./initiatorname.iscsi` ändern (zumindest den letzten Teil des string als Bsp. auf den Hostnamen).

`InitiatorName=iqn.1993-08.org.debian:01:vmware01`

Mit „iscsiadm“ (Verwaltungstool) kann man jetzt das iSCSI-Target scannen:

Befehl: `iscsiadm -m discovery -t st -p 192.168.110.8`

Man sieht jetzt alle iSCSI-Targets des Openfilers bzw. die gemappten LUN's. Die Informationen des jeweiligen iSCSI-Targets und dessen Speicherfreigaben fragt man wie folgt ab:

Befehl: `iscsiadm --mode node --targetname iqn.2006-01.com.openfiler:tsn.02 --portal 192.168.110.8`

Damit beim erneuten Start des iSCSI-Initiators (der VMware Host), das Target automatisch als lokale Disk eingebunden wird, ist der Wert „node.conn[0].startup = manual“ auf automatisch umzustellen.

Befehl: `iscsiadm -m node -T iqn.2006-01.com.openfiler:tsn.02 -o update -n node.conn[0].startup -v automatic -p 192.168.110.8`

Jetzt kann man das Target verbinden:

Befehl: `iscsiadm -m node -T iqn.2006-01.com.openfiler:tsn.02 -p 192.168.110.8 -l`

Mit „dmesg“ sieht man ob das iSCSI Target nun eingebunden ist.

Nun mountet man noch das Target in ein Verzeichnis:

```
Befehle:      mkdir ISCSI-Openfiler
              chmod 777 ISCSI-Openfiler
              mount /dev/sde1 /ISCSI-Openfiler
```

### **Leistungsmessung:**

Als Test wurden 7 Stück Windows 2003R2 32bit VM's mit jeweils 512MB RAM und 4GB HDD erstellt und noch 2 Linux Debian VM's importiert (was ungefähr dem derzeitigen Stand des Beispielbetrieb entspricht). Das Anlegen von VM's ist Assistenten gestützt und dadurch unkompliziert (ähnlich wie in Kapitel 4.1.1).

Leistungsmessungen auf Basis eines Lastsatzes (Beschreibung siehe Kapitel 5.1) lieferten Vergleichswerte dieser Host-based Vollvirtualisierungslösung zu anderen Vollvirtualisierungslösungen. Werte dazu sind im Anhang 11 ersichtlich.

### **Sicherung (Backupmöglichkeiten):**

Einen andere Methode zur Sicherung der virtuellen Maschinen als das Herunterfahren, das anschließende Wegkopieren der Disk- und Konfigurationsdateien und das Starten der VM's wurden vom Verfasser nicht gefunden.

### **Plus:**

- Kostenlos, läuft auf zahlreichen Linux-Distributionen (benötigt dadurch keine Host-Lizenz) und Windows-Versionen.
- Die Verwaltungswebseite ist recht übersichtlich zu bedienen, kein extra Client notwendig.
- Optimierte Treiber auch für Linux-Distributionen.
- Umfangreiche Gastsystemunterstützung.

### **Minus:**

- Insgesamt geringere Performance aufgrund einer Host-Based Virtualisierung.
- Kaum Ressourcenzuweisungs- und Übersichts-Möglichkeiten und über die Zuteilung, keine Langzeitübersichten bzw. nur eine Stunde mit dem Virtual Infrastructure Client (VI-Client).
- Teilweise aktualisiert sich die Ansicht der Verwaltungswebseite nicht.
- Es gibt keine Möglichkeit VM's zwischen Hosts ohne Unterbrechung zu verschieben (LiveMigration, VMotion) (siehe Kapitel 4.2.3)
- Nur ein Snapshot möglich

## 4.2.2 VMware ESXi 3.5

VMwares ESXi ist ein kostenloser Vertreter der Vollvirtualisierung, der auf einem für die Virtualisierung spezialisierten, sehr schlanken Betriebssystem – dem VMKernel – basiert. [54] Dieser eigene Kernel verwaltet die Ressourcen der Hardware und gibt sie an die virtuellen Maschinen weiter. Er bringt optimierte Gerätetreiber und ein eigenes clusterfähiges Filesystem VMFS mit (siehe Kapitel 4.2.3), deshalb ist vor dem Einsatz ein Blick in die Hardware-Kompatibilitätsliste (HCL) unbedingt anzuraten. [55] Er liefert im Gegensatz zu seinem “Bruder” – dem VMware ESX Server – keine ServiceConsole (speziell angepasstes Linux) mit und bietet damit nur eine eingeschränkte Benutzerschnittstelle, ist aber mit 32MB Platzbedarf sehr klein gehalten. Er bietet dadurch wenig Angriffsfläche und wird auch von einigen Server-Herstellern auf einem internen Flashspeicher mitgeliefert (siehe Kapitel 4.2.3). Die Verwaltung des VMware ESXi erfolgt gleich wie beim VMware ESX mittels dem Virtual Infrastruktur Client (siehe Abbildung 31). Als Eckdaten unterstützt er Server mit bis zu 32 logischen CPUs, 256 GB RAM und eine unlimitierte Anzahl von VM's, die jeweils bis zu 64GB RAM erhalten können.

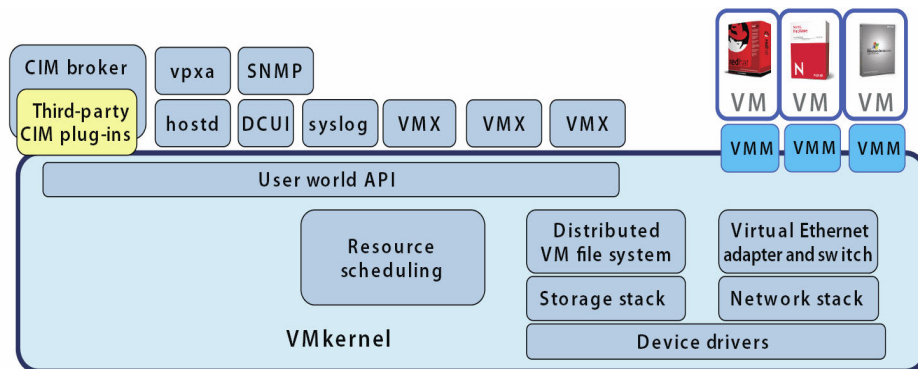


Abbildung 31: VMware ESXi 3.5 Architektur [54]

### Installation:

Die Installation dauert nach Starten der „VMware-VMvisor-InstallerCD-3.5.0\_Update\_3-123629.i386.iso“ per iRMC auf der Testplattform nur ca. 10 Minuten, wobei sich die Abfrage auf das Überschreiben der vorhandenen Festplatte beschränkt. Nach einem Neustart konfiguriert man mit “F2” das Root-Passwort, das Netzwerk „Configure Management Network“, den DNS-Server und den Hostnamen. Dann öffnet man das Webinterface, lädt den VMware Infrastructure Client (VI-Client) herunter und verwaltet mit diesem den ESXi-Host komfortabel. Der VMware vCenter Server (lizenzpflichtig, siehe Kapitel 4.2.3) kann mehrere ESX(i)-Server verwalten kann und bietet noch umfangreicheres Monitoring.

### Storage Anbindung, Netzwerkkonfiguration:

Um einen Speicher (Datastore) auf einen Speichersystem (Openfiler) über iSCSI anzubinden, öffnet man zuerst die Eigenschaften des Speicheradapters, konfiguriert diesen und aktiviert ihn anschließend. Über "Speicher hinzufügen" wird das gewünschte LUN, auf dem alle VM's liegen sollen ausgewählt, ein Namen vergeben und schon ist der Speicher angelegt.

Das Netzwerk hat der Verfasser so konfiguriert, indem zwei virtuelle Switches (vSwitch) definiert wurden, die jeweils zwei physikalische Netzwerkkarten enthalten. Der vSwitch0 mit beiden Intel NIC's kreuzweise über zwei Stück Gigabit-Switches auf den Openfiler iSCSI Target angeschlossen bildet und damit ein eigenes Speicher-Netzwerk (iSCSI-Netz). Der vSwitch1 mit beiden Broadcom NIC's bildet das „Virtual Machine Network“ (vmnic2+3), an dem die 7 Stück vorhandenen Test-VM's aus Kapitel 4.2.1, angeschlossen wurden (siehe Kapitel 4.6.4).

### Management (Snapshot, Ressourcenverteilung):

Das Erstellen von Snapshots von VM's wurde vom Verfasser getestet. Während dieses Vorgangs werden die VM's "kurz gesperrt" und 2 Stück ping (ICMP-Pakete) gingen verloren. Die Snapshots werden mit dem Snapshot-Manager verwaltet z.B. kann man auf einen beliebig Vorigen zurückwechseln.

Allgemein ist anzumerken, dass die Verwaltung und die Darstellung der einzelnen Leistungswerte (CPU, Disk, RAM, Netzwerk) und auch die Vergabe der Ressourcenzuteilung / Reservierung von CPU, RAM wie auch die Prioritätenvergabe über sogenannte Anteile ("Shares") auf VM's oder auch hierarchisch auf Ressourcenpools (in dem sich mehrere VM's befinden) sehr umfangreich ist (siehe Abbildung 32).

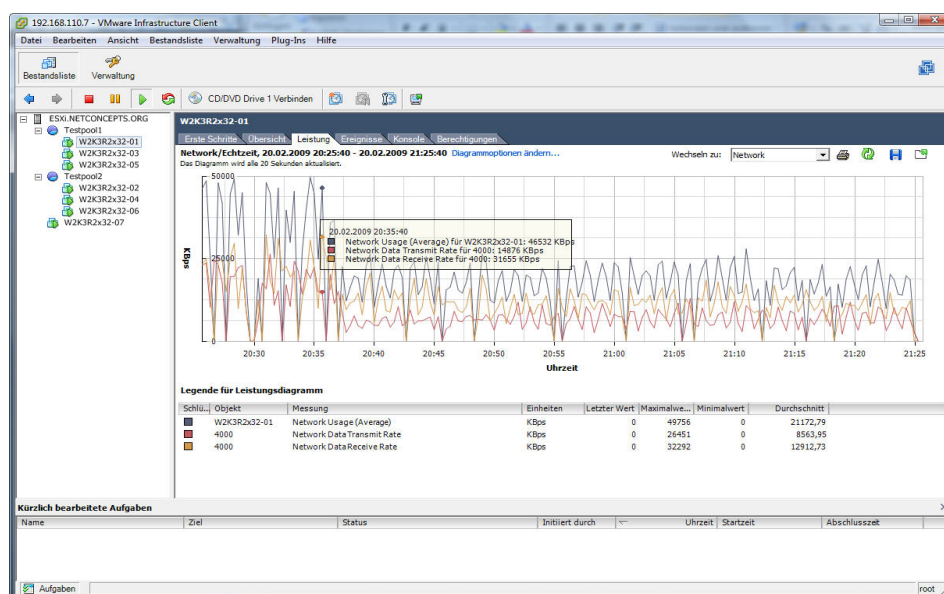


Abbildung 32: ESXi 3.5 Verwaltung mit Virtual Infrastruktur Client (Beispielbetrieb)

**Leistungsmessung:**

Die Leistungsmessung erfolgt gleich wie im vorigen Kapitel 4.2.1. Messungen lieferten auf Basis eines Lastsatzes (Beschreibung siehe Kapitel 5.1) Vergleichswerte dieser Bare-Metal Vollvirtualisierungslösung zu anderen Virtualisierungslösungen. Werte dazu sind im Anhang 11 ersichtlich.

**Sicherung (Backupmöglichkeiten):**

Da es beim ESX3i keine Service Console gibt und etliche Dienste von VMware deaktiviert sind, funktionieren bekannte Perl-Skripte wie z.B. VMBK oder kommerzielle Backup Programme zumeist nicht (siehe Kapitel 4.2.3). Der Verfasser hat sich dazu entschlossen die Sicherung per Skript, welches die VM's zuerst stoppen soll, diese dann per ssh (WinSCP) auf ein Sicherungs-Netzlaufwerk kopiert (über ein weiteres Skript) und anschließend alle VM's wieder starten soll, von einem Client-PC aus durchzuführen. [53] Das ist kostenlos, und der Verfasser ist der Meinung es erfüllt den Zweck einer täglichen Sicherung der VM's in den meisten Fällen (siehe Kapitel 5.2.3 und Anhang 8).

Dazu sind aber einige Vorbereitungen zu treffen.

Es ist nur mit einem Trick möglich auf die Kommandozeile(DCUI) zuzugreifen, da das von VMware nicht vorgesehen ist. Man drückt bei der Übersicht „ALT-F1“ und gibt blind „unsupported“, bekommt das root-login und kann sich einloggen. Man aktiviert ssh, ftp, login, shell und exec indem man die inetd.conf editiert.

Um remote auf die ESXi-Host Kommando-Zeile zuzugreifen, werden die kostenlosen „Remote Command Line Interface Tools“ von VMware benötigt (VMware-VIRemoteCLI-3.5.0-104314.exe), die das „*vmware-cmd.pl*“ Perl-Skript enthalten, das man zum entfernten Starten und Stoppen der VM's verwendet. [56] Zwischen diese beiden Aktionen werden die VM's wie oben beschrieben per WinSCP (ssh) auf ein Sicherungs-Netzlaufwerk kopiert.

**Plus:**

- Kostenlos; da es ein Bare-Metal Vollvirtualisierungsprodukt ist braucht es kein Host-Betriebssystem; sehr kurze Installationszeiten; sehr geringer Platzbedarf
- Schlankes, performantes System.
- Verwaltung mit einem ausgereiften Client, welcher sehr übersichtlich zu bedienen ist; umfangreicheres Speicher-, Netzwerk- und Ressourcenmanagement als beim Microsoft Hyper-V Server.
- Optimierte Treiber auch für Linux-Distributionen; gehärtete mitgelieferte Treiber gegenüber Microsoft Hyper-V Server.
- Umfangreiche Gastsystemunterstützung (etliche Linux-Distributionen).
- Unlimitierte Snapshots möglich (gegenüber VMware 2.0 Server).

- Speicherüberbuchung der VMs möglich (Memory Overcommitment).

**Minus:**

- Enterprise Features wie Live-Migration (VMotion), um VM's zwischen Hosts ohne Unterbrechung zu verschieben; High Availability-Funktionalitäten (HA), DRS-Cluster (Distributed Resource Scheduler) und Vorlagen (Clones) sind nicht möglich (siehe Kapitel 4.2.3).
- Eingeschränkte Hardware-Unterstützung (da diese im VMKernel mitgeliefert werden).

### 4.2.3 VMware Infrastructure 3 mit ESX 3.5

Die als VMware Infrastructure 3 bezeichnete Bare-Metal Vollvirtualisierungslösung mit dem ESX-Server 3.5 als Kernkomponente gibt es in mehreren Editionen [57] und sie umfasst folgende Komponenten, die ich nachstehend kurz erläutere: (siehe Abbildung 33)

**VMKernel:** Ist die Kernkomponente des ESX-Servers, der die zur Verfügung stehenden Hardwareressourcen verwaltet und an die einzelnen VM's verteilt. Es stellt das eigentliche POSIX-ähnliche hochspezialisierte Betriebssystem dar.

**VMware vStorage VMFS:** Ist das eigene, clusterfähige Dateisystem von VMware, auf dem die Disk-, Konfig-, Snapshot- und Log-Dateien der VM's liegen. Es ermöglicht den gleichzeitigen, konkurrierenden Zugriff von Hosts auf das gleiche Dateisystem.

**Service Console:** Ist eine privilegierte VM unter RedHat Linux, die zur Steuerung und Verwaltung des Kernels dient (beim ESXi nicht vorhanden, siehe Kapitel 4.2.2) und dazu erweiterte Schnittstellen und Komponenten enthält. Sie ist nicht das Betriebssystem, sondern eine reine Managementinstanz.

**VMware vCenter Server:** Verwaltungsplattform (entweder als eigener Server oder VM) zum erweiterten und zentralisierten Management mehrerer ESX-Hosts (liefert einen Datenbank Server mit)

**VMware Consolidated Backup (VCB):** Sicherungslösung über einen Proxy-Server, der den ESX entlastet, um im Betrieb VM's vollständig oder inkrementell zu sichern

**VMware HA (High Availability):** Fällt ein Host aus, übernimmt ein anderer dessen Funktion und die VM's werden auf diesem neu gestartet. Geplant ist auch eine unterbrechungsfreie Übernahme der virtuellen Instanzen (VMware Fault Tolerance in vSphere).

**VMware VMotion:** Die VM's können im Betrieb von einem Host auf einen anderen verschoben werden (das RAM und CPU-Status wird dazu „mehrstufig“ kopiert).

**VMware Storage VMotion:** Ermöglicht im Betrieb ohne Unterbrechung die virtuellen Festplattendateien der VM's zwischen zentralen oder lokalen Speichern (Datastores) zu verschieben.

**DRS (Distributed Resource Scheduler):** Ist ein „automatisches“ VMotion, das durch fort dauernde Überwachung von Auslastungen (CPU, RAM) die VM's zwischen den Hosts verschieben kann oder Vorschläge dazu macht.

Zum Testzeitpunkt (März 2009) führte VMware eine leicht veränderte Namensgebung ihrer Produkte ein, die ich verwendete.

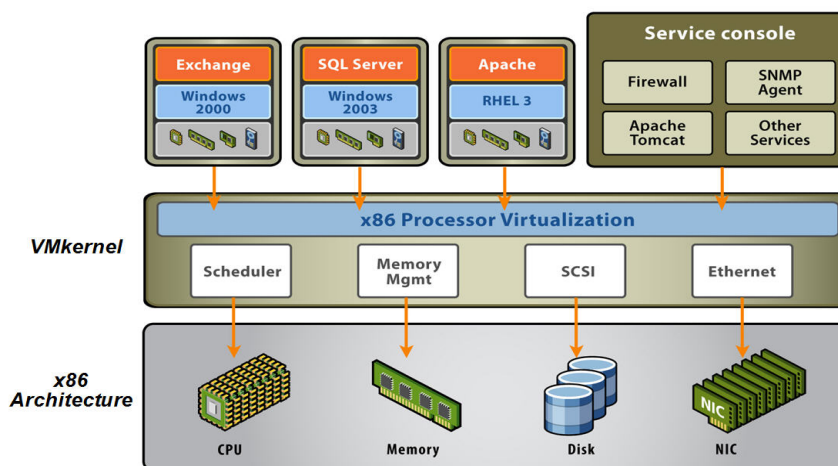


Abbildung 33: VMware ESX 3.5 Architektur [4]

### Installation:

Jede für den produktiven Einsatz in einem ESX-Server verwendete Hardware sollte zertifiziert sein, da der VMKernel die optimierten Treiber mitbringt. Die Testplattform (siehe Kapitel 4) ist in der HCL aufgelistet [55] und so funktionierte die Installation der 60-tägigen Testversion [58] auch klaglos (siehe Kapitel 4.2.2).

Zur Verwaltung des ersten ESX-Host wurde der VI-Client wie beim ESXi verwendet. Nach Inbetriebnahme des zweiten ESX-Hosts, wurde auf einem dedizierten Management-Server (Windows 2003 Server), der auch später als Sicherungsserver dienen sollte, der VMware vCenter Server als zentralen Verwaltungsserver für beide Hosts installiert. Nach der NTP-Konfiguration ist der ESX betriebsbereit. Für eine eventuell längere Verwendung als den 60-Tage-Testzeitraum empfiehlt sich ein Lizenz Server (Dienst), der die Lizenzen aller ESX-Hosts zentral verwalten kann.

### Storage Anbindung, Netzwerkkonfiguration:

Die Netzwerkkonfiguration erfolgt gleich wie beim ESXi Server über sogenannte Portgruppen auf virtuellen Switchen (vSwitch), denen eine, mehrere oder auch keine physikalische(n) Netzwerkkarte(n) zugewiesen werden können. vSwitches mit mehreren Netzwerkkarten bieten Loadbalancing/Ausfallsicherheit, vSwitches mit keiner



Netzwerkkarte (interne Switche) ermöglichen das Erstellen abgeschotteter VM-Netze oder auch Firewallkonfigurationen mit VM's, die mehrere NICs haben und mit verschiedenen vSwitches verbunden sind. Standardmäßig gibt es den Service Console Port auf dem vSwitch0, über den die Verwaltung läuft und ein eventuell schon bei der Installation angelegtes „VM Network“ für die VM's. Wichtig ist der „VMKernel-Port“, der für die Software iSCSI-, VMotion- und NFS-Kommunikation benötigt wird.

Die Eigenschaften eines vSwitch (Port-Anzahl) sind änderbar, ebenso wie jene seiner zugewiesenen NIC's, bei denen der Verfasser die Geschwindigkeit von „Auto-Negotiation“ auf 1000Mb Full-Duplex einstellte, um Probleme zu vermeiden.

Auf den Port Gruppen-Eigenschaften können VLANs vergeben werden (unterstützt VLAN-Tagging), was in einer produktiven Umgebung sinnvoll erscheint. Anpassungen sind auch manuell in der zentralen Konfigurationsdatei „*esx.conf*“ unter */etc/vmware* möglich, z.B. das Umbenennen der Netzwerkkarten, das der Verfasser auch bei den Tests durch Tauschen der Netzwerkkarten durchführen musste. [59]

Es wurden insgesamt 3 virtuelle Switches erstellt:

- vSwitch0 einen für alle VM's inkl. Service Console („VM-Netzwerk“) mit 2 NIC's
- vSwitch1 für ein eigenes iSCSI-Storage-LAN (VMKernel Port) zum iSCSI Target (Openfiler) mit 2 physikalischen NIC's kreuzweise auf 2 phys. Switches
- vSwitch2 (VMKernel Port) für VMotion mit dezidiertem physikalischen NIC, da bei VMotion der gesamte Arbeitsspeicherinhalt kopiert wird (sehr Netzwerk-lastig).

Die Anbindung des Speichers (Datastore) auf dem Openfiler-Storage über iSCSI funktioniert fast gleich wie beim ESXi (siehe Kapitel 4.2.2).

Beim Erstellen bzw. Importieren von VM's werden diese mit ihrem Status auf dem Volume (VMFS-Dateisystem) in eigenen Unterverzeichnissen angelegt. Ein Volume kann dynamisch über Hinzufügen von LUN's erweitert werden. Mehrere Pfade zu ein und demselben LUN für Redundanzbildung bei einem Hardwareausfall (Multipathing) sollten im produktiven Einsatz existieren.

### **Management allgemein:**

Als Test-VM's dienten dem Verfasser wieder die dieselben 7 Stück VM's wie aus Kapitel 4.2.1, die mit dem vCenter Converter Plug-In importiert wurden (siehe Kapitel 4.6.4).

Mit dem vCenter Server wurden die beiden ESX-Hosts in ein Datacenter zusammen gefasst. Der vCenter Server verwaltet/überwacht die virtuelle Infrastruktur, setzt Warnmeldungen ab (sehr granular einstellbar) und man kann die aktuellen und vor allem historischen-Leistungsdaten (CPU, RAM, Disk, Netzwerk) für jede VM, Ressourcenpool,

oder Host durch die mit installierte Datenbank über einen beliebigen Zeitraum in verschiedenen Feinheitstufen abrufen.

Er führt automatisierte Aktionen wie Lastverteilung über Cluster (DRS → Verschieben der VM's) oder Snapshots aus, man verwaltet über ihn die Hochverfügbarkeit (HA), zeitgesteuerte Klonvorgänge und er stellt das umfangreiche rollenbasierte Zugriffsmodell zur Verfügung. Kurz gesagt wird erst mit dem vCenter Server durch die Trennung der Zuordnung der VM's zu Hosts aus einzelnen Hosts eine „virtuelle Infrastruktur“ gebildet.

Mit Ressourcenpools werden VM's, die sich Ressourcen der Infrastruktur teilen, zusammengefasst. Dabei können neben der Zuteilung von RAM-, CPU- und Disk-Werten (Grenzwerte und Reservierungen) auch sogenannte „Shares“ vergeben werden, die prozentuale Anteile darstellen und angeben, welche VM's mehr und welche weniger von den aktuell vorhandenen Ressourcen abbekommen, wenn der Host unter Volllast läuft.

Durch spezielle Speicherverwaltungstechniken wie „Memory Balloning“, „Page Sharing“ oder auch „Memory Overcommitment“ kommt es zu einer sehr effektiven Ausnutzung des verfügbaren RAMs (siehe Abbildung 34).

### **Live-Migration (VMotion):**

Dadurch dass die Disken der VM's auf einem zentralen Speicher abgelegt sind und beim Starten einer VM keine Dateien transferiert, sondern nur Speicherbereiche auf dem jeweiligen Host belegt werden, sind die prinzipiellen Voraussetzungen VM's im Betrieb von einem Host auf einen anderen zu siedeln (Migration) durch Kopieren der jeweiligen Speicherbereiche gegeben.

Dabei wird auf dem Quell-Host ein Redo-Log angelegt, der Speicher, der zu kopieren ist, in den Zustand „nur-lesen“ versetzt und auf den Ziel-Host kopiert. Alle Änderungen während des Kopierens werden ins Redo-Log geschrieben. Dann wird ein neues Redo-Log angelegt, das ursprüngliche Redo-Log in den Zustand „nur-lesen“ versetzt und wieder kopiert. Dieser Vorgang wiederholt sich so lange bis eine bestimmte Größe des Redo-Logs unterschritten wird, das abschließend mit den Prozessorzuständen und MAC-Adressen kopiert wird, damit nun beide Kopien der VM's auf beiden Hosts ident sind. Die Quell-VM wird gelöscht, und die kopierte (verschobene) VM verrichtet den Dienst.

Diese Funktionalität findet der Verfasser außerordentlich nützlich, da man so die Verfügbarkeit sehr stark steigern kann. Bei Tests wurde das mit über 10 Stück VM's mehrmals durchgespielt; der Migrationsvorgang dauert pro VM nur wenige Sekunden und ist kaum bemerkbar. Bei einem Dauerping auf die VM ging meist nur ein ICMP-Paket verloren (durch das Update der ARP-Tabelle). Zu beachten ist, dass VMotion nur zwischen gleichen CPU-Architekturen, also nicht zwischen Hosts mit Intel- und AMD-CPU's, möglich ist.

## Distributed Ressource Scheduler (DRS):

Mittels des Dienstes „Distributed Ressource Scheduler“ (DRS) ist diese Live-Migration in einem DRS-Cluster auch automatisch möglich. Dabei werden die Auslastungen von CPU, Hauptspeicher der Hosts und der VM's überwacht, Ungleichmäßigkeiten erkannt, VM's auf Hosts verlagert die über genügend Kapazitäten verfügen und andere Hosts dadurch entlastet.

## High Availability (HA):

Zur weiteren Steigerung der Verfügbarkeit wurde auch die HA-Funktionalität durch Erstellen eines HA-Clusters mit beiden ESX-Host als Mitglieder getestet. Die VM's werden nach Ausfall eines Hosts (Stromausfall mittels Abziehen der Stromkabel simuliert) auf dem anderen Host neu hochgefahren.

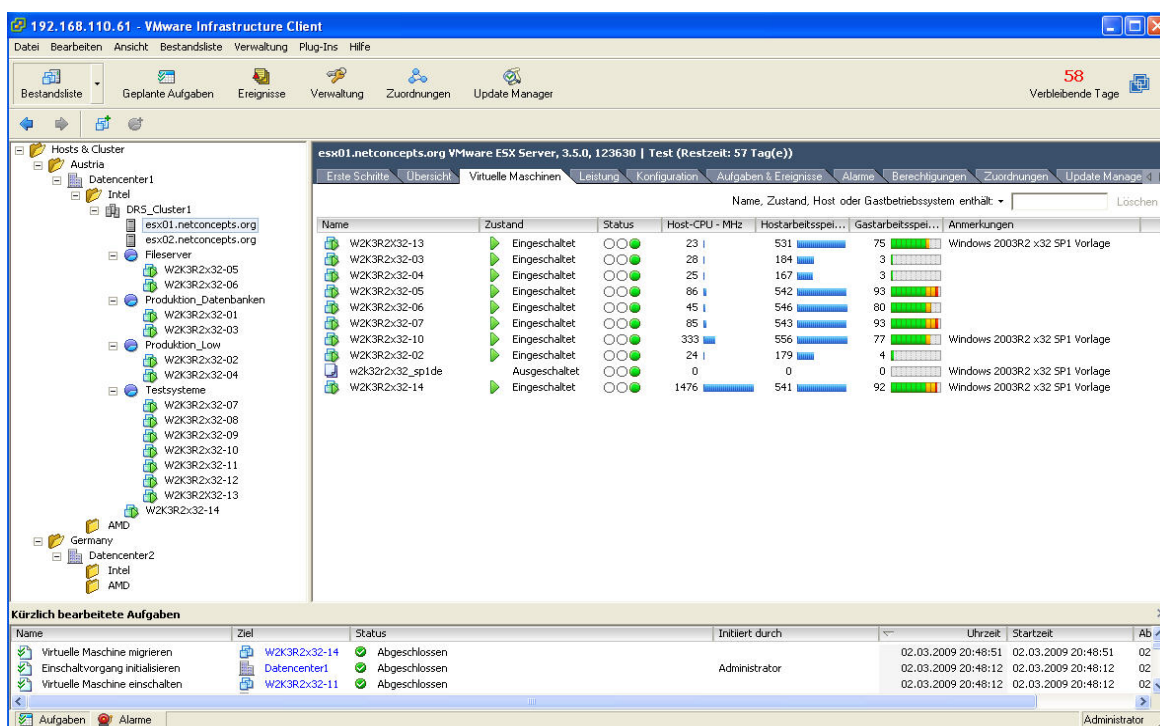


Abbildung 34: ESX 3.5U3 Verwaltung mit Virtual Infrastruktur Client (Beispielbetrieb)

## Leistungsmessung:

Die Leistungsmessung erfolgt wie im Kapitel 4.2.1.

Sie lieferte auf Basis eines Lastsatzes (Beschreibung siehe Kapitel 5.1) Vergleichswerte dieser Bare-Metal Vollvirtualisierungslösung zu anderen Virtualisierungslösungen. Werte dazu sind im Anhang 11 ersichtlich.

## Sicherung (Backupmöglichkeiten):

Der Verfasser hat sich entschlossen das Backup der VM's mittels eines frei erhältlichen Skripts durchzuführen:

**VMBK 3.0 Rev11**

Es handelt sich dabei um ein Perl-Skript, das VM's im laufenden Zustand (Hot Backup) ohne Unterbrechung sichert. [60]

Befehl: „*vmbk.pl -d /vmfs/volumes/VM\_Backup-ISO -a -4 -F -e smtp=smtp.netconcepts.at, from=esx-vmbk@netconcepts.at,to=office@netconcepts.at -l /vmfs/volumes/VM\_Backup-ISO /logvmbk.log*“

Dieser Befehl sichert alle Disken der VM's (-a), die ESX-Konfiguration (-F) und alle Konfigurationsdateien (-4) auf das Backup-Volume des Openfiler (VM\_Backup-ISO), sendet eine E-Mail und legt eine Logdatei an.“

Arbeitsweise: Es wird ein Redo-Log der vDisk-Datei (.vmdk) der VM erstellt und jegliche I/O-Aktivität auf dieser Disk angehalten. Dadurch wird die VM in einen „99+% crash-konsistenten Zustand“ versetzt, wobei ein sehr kleines Restrisiko dass die Daten nicht konsistent sind je nach Applikationsverhalten bestehen bleibt, da ja jegliche I/O-Aktivität (z.B. Datenbank- Transaktion) innerhalb einer VM unerwartet angehalten wird. Daraufhin wird die VM mittels *vmkfstools* exportiert und auf ein Sicherungs-Volume des iSCSI Targets (Openfiler) kopiert. Eventuelle zwischenzeitliche Änderungen aus dem Redo-Log werden dann in die vmdk-Datei zurück geschrieben (committed). Somit wird die komplette VM (Disk und Konfig) im Betrieb gesichert. Eine Sicherung der VM's im ausgeschalteten Zustand (Cold-Backup) ist für einen absolut konsistenten Sicherungszustand zu wählen. Über einen Eintrag in der „*/etc./crontab*“-Datei lässt sich der Sicherungsvorgang auch zeitlich steuern (siehe Anhang 9).

Das Wiederherstellen erfolgt über den Importassistenten im VMware vCenter Server (oder VMware vCenter Converter Standalone, siehe Kapitel 4.6.4).

**VMware Consolidated Backup (VCB):**

Eine Möglichkeit wäre auch der Einsatz von VMware Consolidated Backup (VCB), ein Sicherungs-Framework, das beim Backup den ESX-Host über den VCB-Proxy entlastet. Mit VCB lassen sich VM's nicht nur vollständig sondern auch aus diesen Dateien/Verzeichnisse sichern. [61]

Weitere kommerzielle Backup-Komplettlösungen für den ESX sind Vizioncore vRanger [62] und PHD esXpress [63], die mit umfangreichen Eigenschaften ausgestattet sind.

**Plus:**

- Allumfassende, sehr ausgereifte, bewährte Virtualisierungslösung für den Einsatz in großen Unternehmen und im geschäftskritischen Umfeld.
- Schlüssige Bedienung, trotz komplexer weitreichendster Möglichkeiten (Ressorcenzuteilung/Priorisierung, automatische Lastenverteilung, Live-Migration, HA-Möglichkeiten).

- Äußerst übersichtliche, umfangreiche Netzwerkkonfiguration der VM's möglich.
- Sehr ausgereifte und weitreichende Alarmierungs-, Überwachungs-, und Berechtigungs-Möglichkeiten.

**Minus:**

- Sehr teuer (VI Midsize Acceleration Kit: 3 Stk. Host m. Enterprise Edition/2 CPU-Socket u. vCenter Server: ca. \$19.600.-, Stand: April 2009).

### 4.3 XEN

Der Xen Hypervisor wurde 2003 an der University of Cambridge Computer Laboratory als "Xen Hypervisor Projekt" von Ian Pratt und anderen Teammitgliedern ins Leben gerufen. Der Hypervisor umfasst nur ca. 50.000 Codezeilen, ist mit 250KB äußerst klein, wodurch der Virtualisierungsverlust (Overhead) von Linux-Gästen bei ca. 0,5% bis 4% und von Windows-Gästen bei ca. 2% bis 6% sehr gering gehalten ist.

Der Hypervisor läuft in Ring 0, setzt direkt auf die Hardware auf, und hat die volle Kontrolle über diese. Die virtualisierten Gastsysteme auf einem Xen-Host werden als Domains bezeichnet, wobei die einzige privilegierte Domain, die Control Domain (Dom0), ein stark modifiziertes CentOS 5 vollen Hardware Zugriff hat, in der sich auch die Linux-Device-Treiber befinden. Die unprivilegierten Gast-Domains „DomainU“ (DomU) laufen auf dem weniger privilegierten Ring 1 und werden von der Dom0 verwaltet.

RAM und CPU werden von den VM's (DomU) über den Hypervisor direkt angesprochen, die I/O-Zugriffe (Netzwerk, Disk) laufen über paravirtualisierte Frontend-Treiber zu den Backend-Treibern in der Dom0, der diese an die Hardware weiterleitet. Linux VM's haben modifizierte "paravirtualisierte" (die kompilierte Xen-Module enthalten) Kernel, Windows VM's benötigen die Prozessorerweiterungen Intel VT oder AMD-V die im Fall von privilegierten Operationen eingreifen. [64]

Bei XEN gibt es prinzipiell zwei Varianten: Die Open-Source Variante XenSource 3.3.1 [65] und den Citrix XenServer 5.0 (siehe Kapitel 4.3.1).

Der Citrix XenServer 5.0 unterstützt im Gegensatz zur XenSource Variante nur 64-bit CPU's mit Intel VT/AMD-V, basiert auf einem stark modifizierten CentOS 5.1 mit Xen Hypervisor v3.2.1 und enthält ausnahmslos getestete Komponenten. Änderungen und Erkenntnisse fließen wieder in das Open Source Projekt zurück. In dem "Xen Project Advisory Board" (Xen AB) befinden sich ca. 50 große, namhafte Firmen. So verwendet Citrix zum Beispiel die – zuvor von einem Storage-Hersteller auf Basis der Open Source Komponenten mit speziellen, herstellertypischen Eigenschaften versehenen – Treiber zur Storage Anbindung und muss keine eigenen entwickeln (im Gegensatz zu VMware's ESX).

### 4.3.1 Citrix XenServer 5.0

Als Vertreter der Paravirtualisierung wurde vom Verfasser der Citrix XenServer 5.0 gewählt. Dieser deshalb, da durch die Akquisition von XenSource durch Citrix (Ende 2007) die Entwicklungen zwischenzeitlich vor allem im Bereich der Verwaltung des Xen Hypervisors in dieses Produkt eingeflossen sind. Er ist mit ausgereiften Merkmalen (Live-Migration, Ressourcen-Pools) ausgestattet und kostenlos erhältlich. Somit ergibt sich aus Sicht des Verfassers nun auch die Möglichkeit des Einsatzes im geschäftskritischen Umfeld, in dem sich derzeit überwiegend VMware's ESX im Einsatz befindet (Stand: Februar 2009). [69]

Der Einsatz von Open Source Varianten hingegen ist nicht nur verschwindend klein, es gibt auch kaum Support-Möglichkeiten. Kein Wunder, da nicht nur das bis dato geltende Argument der geringen oder kostenlosen Anschaffungskosten nicht mehr vorhanden ist, sondern diese Varianten auch über ihre Einsatzdauer meist mehr Kosten (TCO) verursachen, komplizierter in der Verwaltung sind, und meist Spezialwissen erfordern, was im KMU-Umfeld von den internen Mitarbeitern kaum bewältigt werden kann.

Auf die in der Spezifikation der Lösung geforderte einfache Verwaltbarkeit an das Produkt sei hier nochmals hingewiesen (siehe Kapitel 3.7).

Den Citrix XenServer gibt es in mehreren Ausführungen, wobei nach Meinung des Verfassers die kostenlose Grundversion ausreichend ist und nur die HA-Funktionalität fehlt, die bei Bedarf erworben werden kann (siehe Abbildung 35). [70]

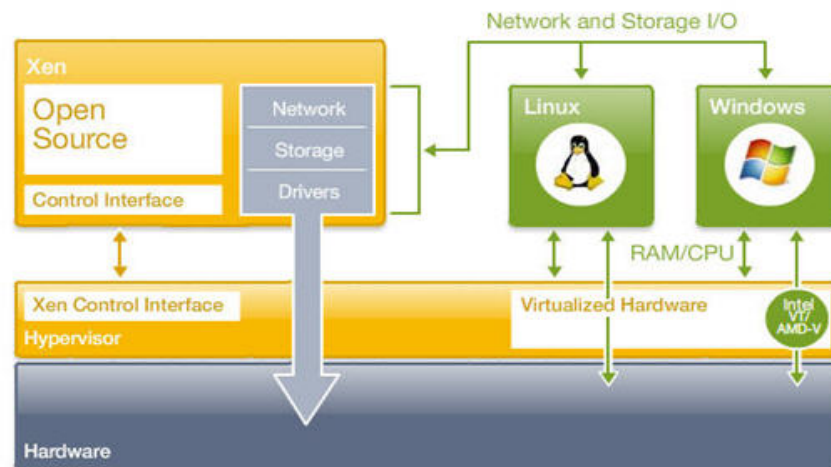


Abbildung 35: Citrix XenServer Architektur [93]

#### Installation:

Die assistentengestützte Installation des XenServer ist nach Angabe der üblichen Daten (Tastatur, primäre Festplatte, Root-Passwort, Management-Netzwerkkarte/Adressen, Land-/Stadt-Auswahl und Zeitserverkonfiguration) in wenigen Minuten abgeschlossen.

Daraufhin wurde der schlanke XenCenter Client installiert (Dauer nur ca. 20sec.), mit dem man sehr einfach und intuitiv die XenServer-Hosts verwaltet. Alternativ können über das Kommandozeilenprogramm „xe“, welches mit den Xen-API-Agenten „xapi“ kommuniziert, umfangreiche Kommandos abgesetzt werden. Eine Verwaltung per Webinterface gibt es nicht, braucht man nach Meinung des Verfassers auch nicht, da mit dem XenCenter die Hosts ohnehin umfangreich verwaltbar und auch die wichtigsten Funktionen über die menügesteuerte Textkonsole der Hosts („xsconsole“) einstellbar sind. Somit braucht man auch keinen eigenen Management Server wie z.B. den VMware vCenter Server (siehe Kapitel 4.2.3), da auf jedem XenServer-Host eine Metadatenbank mit der Konfiguration aller VM's und aller Hosts sowie die Performancedaten liegen. Diese werden zwischen den Hosts repliziert, was im Disaster-Recovery-Fall sehr nützlich ist.

### **Storage Anbindung, Netzwerkkonfiguration:**

Die Speicherunterstützung der XenServer über lokale Platten (SATA, SCSI) bis FC, iSCSI sind sehr umfangreich. Der LVM (Logical Volume Manager) wird zur Verwaltung von Volumes verwendet. Die Anbindung der beiden XenServer Hosts an den Openfiler als iSCSI-Storage bzw. das Hinzufügen eines Storage Repositories (SR) funktionierte nach Angabe der IP-Adresse, Target-IQN, und LUN sehr einfach, schnell und intuitiv. Bei den Testläufen kam es einmal zu Problemen beim Neustarten des Openfilers, was aber am Verhalten der iSCSI-Enterprise Target Implementation des Openfilers lag. Durch einen entsprechenden Filter-Eintrag in der `/etc./lvm/lvm.conf` des Openfilers, konnte das Problem umschifft werden. [71] (siehe Kapitel 4.5.1)

Durch die 4 physisch eingebauten Netzwerkkarten im Host ergeben sich 4 Netzwerke (Network 0 bis 3), wobei die VM's mit einem (oder mehreren) virtual NIC(s) an sogenannten "Bridges" z.B. „xenbr0“ „hängen“, die wiederum an physische NIC's (oder auch keine NIC's) gebunden sind. Es wurden je 2 Netzwerkkarten gebündelt (NIC Bonding), nic0+1 für die VM's, nic2+3 für das Storage-Netz (iSCSI Target Openfiler).

### **Management allgemein:**

Zum Erzeugen bzw. um schnell mehrere VM's zu installieren, wurde eine ISO-Library auf einer CIFS-Freigabe erzeugt, in der sich die Installations-ISO-Dateien der GastBetriebssysteme befinden. Durch die abschließende Installation der XenServer Tools in jede VM („xs-tools.iso“), werden die emulierten durch paravirtualisierte Treiber (PV) für Netz- und Disk-Zugriffe ersetzt. Die Dauer bei 7 Stück gleichzeitig erstellten VM's (Windows 2003 ServerR2 SP1 Stand. Server mit 8GB HDD) betrug nur ca. 54 Minuten. Das Erstellen von 2 Stück Linux Debian 4.0 mit 4GB HDD per „cloning“ aus den mitgelieferten Vorlagen mit modifizierten Kernel dauerte nur ca. 2 Minuten.

Durch Erstellen von „Pools“, die die Grundlage für die Live-Migration und HA bilden, werden mehrere Hosts zusammengefasst. Dabei sind Voraussetzungen wie ein zentrales Storage, CPU's vom gleichen Hersteller (Intel/AMD) und gleiche Modellreihen in den Hosts, funktionierende Namensauflösung, Zeitsynchronität, Management Netzwerkkarte darf nicht geteamt sein, und keine VM's dürfen auf dem hinzufügenden Host laufen, unbedingt zu beachten. Dann erst funktionierte das Erstellen des Pools absolut klaglos (siehe Abbildung 36).

**Live-Migration, Lastverteilung:**

Verwaltung bzw. Leistungsmerkmale sind jenen des VMware ESX sehr ähnlich (siehe Kapitel 4.2.3). So ist auch hier eine Live-Migration („XENMotion“) möglich, wobei dem Verfasser aufgefallen ist, dass dies bei der gleichzeitigen Migration mehrerer VM's sehr rasch gegangen ist und auch nur 1 Ping-Paket verloren wurde.

Außer der Wahl eines bevorzugten „Home-Servers“ oder der automatischen Startwahl einer VM auf einem Host mit ausreichend Ressourcen gibt es keine dynamische Lastverteilungsmöglichkeiten (DRS) oder andere Kriterien damit eine VM im Betrieb den Host wechselt.

**High Availability (HA):**

Die Hochverfügbarkeitsoption (High-Availability) die auf Pool-Ebene aktiviert wird, ist in der Funktionsweise auch sehr ähnlich wie bei VMware's HA, nur erfolgt hier neben dem „Netzwerk-Heartbeat“ („Hostüberwachung über das Netz“) noch eine zusätzliche Überprüfung des zentralen Storages durch ein darauf erstelltes „Heartbeat Volume“, in das von allen Hosts fortlaufend hineingeschrieben wird.

Fällt jetzt der „Netzwerk-Heartbeat“ aus und ein Host schreibt nicht mehr in dieses Volume, werden die VM's auf einem anderen Host nach einem dynamisch ermittelten Failover-Plan, der das Konzept wie viele Host Ausfälle toleriert werden können verfolgt, gestartet. Bei dem HA-Test wurden die Stromkabel eines Hosts abgezogen. Dabei sind ca. 30 Pings auf eine VM verloren gegangen, bis diese auf dem anderen Host wieder gestartet war.



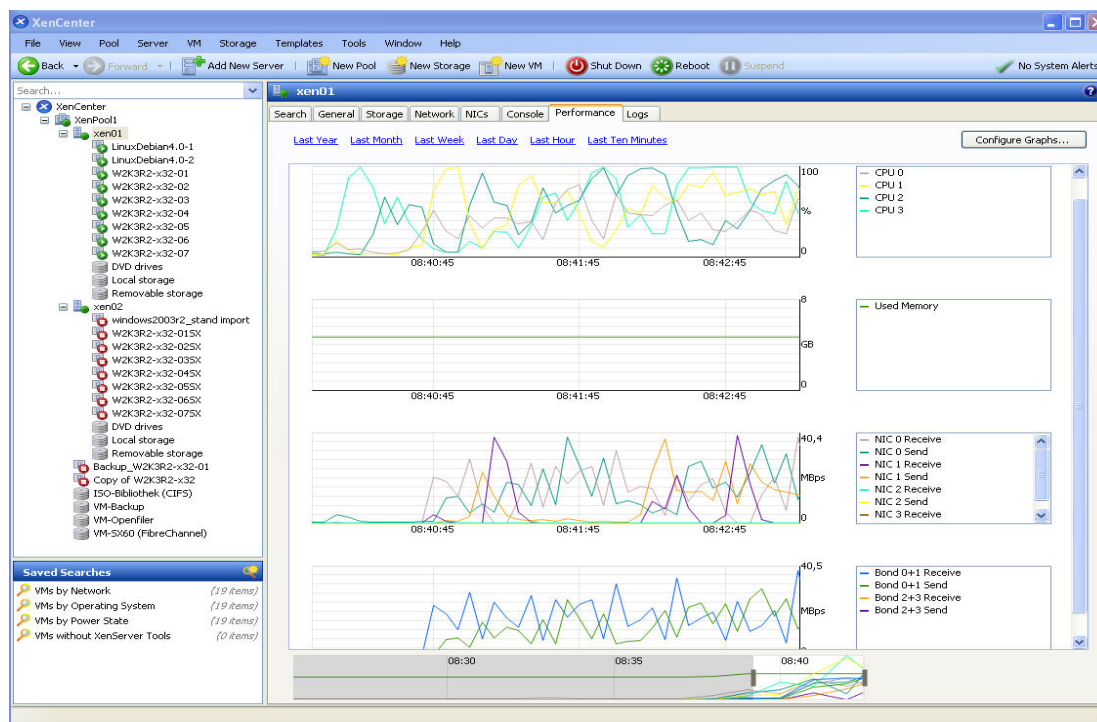


Abbildung 36: Citrix XenServer Verwaltung (Beispielbetrieb)

### Sicherung (Backupmöglichkeiten):

**Snapshots:** Die Snapshot Möglichkeiten bzw. deren Anwendbarkeit ist beim XenServer 5.0 massiv eingeschränkt, da diese nur auf Speicherlösungen von der Fa. Netapp und Dell EqualLogic möglich sind.

**Backupdetails, Befehle:** Auf jedem XenServer Host in einem Pool läuft eine Metadatenbank, in der sich die Konfiguration aller VM's, der Hosts bzw. des Pools befinden. Das Backup gestaltet sich somit einfach, da es entweder per commandline oder auch teilweise über die menügesteuerte Textkonsole am Host durch die Aktionen „zeitgesteuertes Backup der VM Metadaten“ (täglich, wöchentlich, monatlich) oder „sofortiges Backup der VM Metadaten“ durchgeführt werden kann.

Vorab wurden zu Testzwecken einen CIFS-Share („Windows-Freigabe“) auf dem XenCenter PC gemountet, um diesen als Sicherungsziel zu verwenden.

**Backup Pool Metadaten:** Die replizierten Pool-Metadaten (Konfiguration) die sich auf jedem Host in der Dom0 befinden werden gesichert (sehr klein). → Wichtig!

Befehl: „*xe pool-dump-database file-name=backup-pool-metadata*“

**Backup der VM Metadata:** Sichert nur die Konfiguration der VM, wird sehr klein und ist auch über die menügesteuerten Textkonsole am Host (manuell, zeitgesteuert und widerherstellen) möglich. → Wichtig!

Befehl: „*xe vm-export vm=W2K3R2-x32-01 filename=vm01.meta -metadata*“

Backup/Export der VM: Die VM muss ausgeschaltet sein, das Backup erfolgt inkl. der Daten/Disk und wird so groß wie die virtuelle Disk der VM. → Wichtig! Kritisch (wenn das Storage defekt wird)!

Befehl: `„xe vm-export vm=W2K3R2-x32-01 filename=vm01.xva“`

Backup der Host Konfiguration und Software: Dabei wird die privilegierte Control Domain gesichert, die sehr groß (ca. 650MB) werden und nur auf dem gleichen Host wiederhergestellt werden kann. Muss nicht unbedingt gesichert werden, da der Host per CD in ca. 10 Minuten neu installiert ist. → Unwichtig!

Befehl: `„xe host-backup host=xen01 file-name=backup-host-conf-sw-xen01“`

Desaster Recovery: Mittels „Portable Storage Repositories“ (Portable SR), die alle Informationen (Metadaten) und die virtuellen Disk Images (VDIs) der VM's enthalten, ist es möglich, diese in einer Desaster Recovery Site (DR-Site) auf anderen Hosts, Pools zu verwenden. Dazu wird zuerst ein dezidiertes Metadaten-VDI im ext3-format mit der Kopie der Pool-Datenbank, der Metadaten der individuellen VM's und SR-Level Metadaten auf einem Storage Repository erstellt.

Befehl: `„xe-backup-metadata-c -u <SR UUID>“`

In der DR-Site wird dann das Storage „reattached“, die Metadaten der VM's importiert und der Bezug zu ihren Disks wiederhergestellt.

Befehl: `„xe-restore-metadata-c -u <SR UUID>“`

**Desaster Simulation:** Um das Verschieben eines Speichers (SR) in einem Desaster Recovery Fall zu simulieren, wurde vorher HA ausgeschaltet und ein Backup der VM Metadaten auf das SR über die menügesteuerten Textkonsole durchgeführt.

Nach erfolgreichem, simulierten Desaster (Host ausgeschaltet) wird am defekten Pool über das XenCenter mit „Detach SR“ das SR mit den VM's „abgehängt“, mit „Forget SR“ das SR vom Pool „entfernt“ und an einem funktionierenden Pool über „New Storage-Reattach“ wieder angehängt.

In der menügesteuerten Textkonsole des neuen Host „Restore Virtual Machine Metadata“ wurde die aktuellste Sicherung ausgewählt und „Only VMs on this SR“ ausgewählt. Die VM's sind wiederhergestellt und können gestartet werden.

Falls auch das Storage defekt werden sollte, habe sich der Verfasser zu folgender Backuplösung entschlossen:

**Backuplösung:** Dazu hat der Verfasser ein Skript erstellt (/etc./usr/local/bin/backuvm.sh), welches per Cron-Job (/etc./crontab) am XenServer täglich um 22:00 Uhr gestartet wird. Es wird dazu ein Sicherungsziel/Verzeichnis gemountet, die VM's der Reihe nach heruntergefahren, exportiert (gesichert), wieder gestartet usw. Zusätzlich werden die Pool-Metadaten und die Hostkonfiguration/Software der Hosts gesichert und das Ziel

getrennt (unmount). Die Nutzdaten (User-Daten, Office-Dokumente, Exchange Postfächer, etc.) einzelner VM's sollten mit einem Backup Programm auf File-Level-Ebene per Sicherungs-Agenten gesichert werden, da dann das Wiederherstellen von einzelnen Dateien schneller funktioniert (siehe Anhang 10).

Eine weitere kommerzielle Backup-Komplettlösung für den XenServer wäre SteelEye Protection Suite for Citrix XenServer 6.4, die mit umfangreichen Eigenschaften ausgestattet ist. [72]

### **Leistungsmessung:**

Die Leistungsmessung erfolgt wie im Kapitel 4.2.1.

Messungen lieferten auf Basis eines Lastsatzes (Beschreibung siehe Kapitel 5.1) Vergleichswerte dieser Paravirtualisierungslösung zu anderen Virtualisierungslösungen. Werte dazu sind im Anhang 11 ersichtlich.

### **Die geplanten Verbesserungen von Xen in der Roadmap umfassen: [73]**

- Hypervisor-Verbesserungen (I/O-Performance von HVM's durch "Stub-Domains")
- Umfangreiche Snapshot Möglichkeiten z.B. Verschmelzen von Snapshots möglich
- Rollenbasiertes Benutzer-Management mit Verzeichnis-Einbindung (LDAP/AD)
- Besseres Speichermanagement: VM Page-Sharing und Speicher-Überbuchung
- Erweitertes HA z.B. Erkennen von HW-Fehlern, (Project "Kemari" Fault Tolerance)
- Diskerweiterung der VM im Betrieb (Live Volume Resizing)
- Workflow Studio/ Workflow Management: Selbst planbare Szenarien erstellbar wo z.B. die VM's je nach Bedingungen platziert werden sollen (ähnlich VMware DRS)

### **Plus (Vorteile zum VMware ESX):**

- Kostenlos; keine CPU-Socket Beschränkung; mit der Erweiterung "Citrix Essentials for XenServer Platinum" (mit HA, automatisierten Lab-Management, Workflow-Studio, StorageLink und dynamischen Provisioning) wesentlich günstiger als ESX 3.5 in der Enterprise Edition (ca. EUR 1.450 /Host d.h. für 3 Stk. EUR 4.350, Stand: April 2009).
- Der sehr kleine, schlanke XenCenter Client kann gleichzeitig mehrere Server verwalten (kein extra Management Server nötig).
- XenServer hat einen schlanken, reinen 64-bit Hypervisor.
- Gemeinsame Vorlagen / ISO-Bibliothek (auch auf CIFS-Shares) für alle Hosts möglich.
- Hot-Plug Disks und Netzwerkkarten.

- Es gibt nur “eine” XenServer-Installation, d.h. durch Einspielen eines (kostenpflichtigen) Lizenzschlüssels kann man später Features wie z.B. High Availability (HA) einfach nachrüsten. Wenn z.B. bei VMware der 2.0 Server oder der VMware ESXi nicht mehr ausreichen sollte und man ein Update auf den ESX 3.5 erwägt, ist eine komplette neue Installation erforderlich, was einen erheblichen Aufwand darstellt.

#### **Minus (Nachteile zum VMware ESX):**

- VM ausgelöste Snapshots nur mit wenigen Storageanbietern (NetApp, Dell) möglich; keine Backups der VM's im Betrieb.
- Kein rollenbasiertes Management.
- Ressourcenzuteilungsmöglichkeiten nicht ganz so umfangreich (z.B. keine Speicherüberbuchung, kein Memory Balloning, keine Ressourcenanteile auf RAM).
- Dynamische Loadbalancing (DRS) nicht möglich.
- Keine Priorisierung der einzelnen VM's beim Hochfahren möglich.
- Die Konvertierungsmöglichkeiten mittels XenSource Virtual Disk Migration Utility (siehe Kapitel 4.6.5), XenServer Boot-CD (P2V) (siehe Kapitel 4.6.6) und dem installierbaren XenConvert 1.1 (siehe Kapitel 4.6.7) sind teilweise nur eingeschränkt nutzbar und nicht so ausgereift wie bei VMware's vCenter Converter.

Weitere Hersteller, die den Xen Hypervisor als Basis ihrer Komplettlösung mit umfangreichem Management bieten, sind:

- **Virtual Iron 4.5.16:** Kommerziell; Snapshots, rollenbasierte Benutzerverwaltung mit Verzeichnis-Einbindung und “Out Of Band-Administration” ohne lokale Platten in den Hosts gegenüber dem Citrix XenServer. [66]
- **Oracle VM 2.1.2:** Kostenlos; unterstützt 32-bit CPUs, HA-Features, SSL Live-Migration; unterstützt aber nur wenige Linux Distributionen [67].
- **Sun xVM Server:** Mehrere Ausführungen (alle kommerziell); unterstützt ZFS, Snapshots, HA, Live-Migration [68].

## **4.4 Parallels Virtuozzo Containers 4.0**

Das Konzept dieses Betriebssystem-Virtualisierungsvertreters ermöglicht mehrere virtuelle Instanzen ein und desselben Betriebssystems in “Containern” abgeschottet laufen zu lassen (“Single Kernel Image” oder “SKI”). Es wird also das Betriebssystem virtualisiert und nicht die Hardware (siehe Abbildung 37).

Der Einsatzbereich dieser Betriebssystemvirtualisierung ist hauptsächlich bei Internet-Hostern zu finden, da hier meist homogene Betriebssystem-Umgebungen je Server für das Hosting angeboten werden. Der Performance Verlust liegt laut Hersteller bei nur ca. 1-3%, was vom Verfasser aber nicht verifiziert wurde. [74]

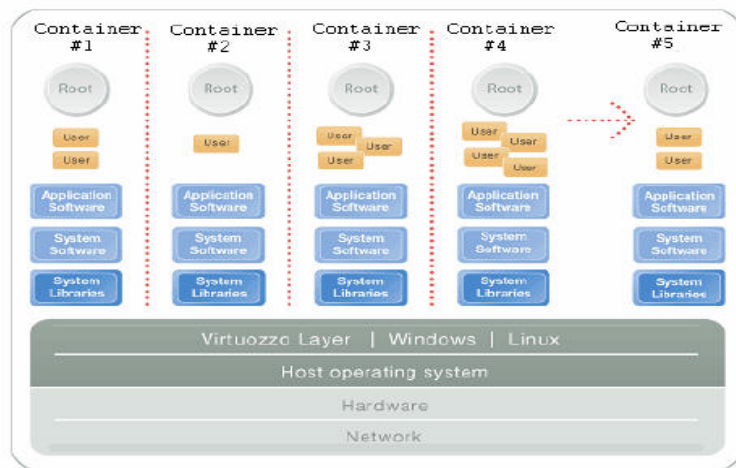


Abbildung 37: Parallels Virtuozzo Containers Architektur [75]

### Installation:

Für die Evaluierung hat sich der Verfasser für die Windows-Version entschlossen und nach Installation eines Windows 2003 R2 SP1 x64 Enterprise Edition Servers ohne Hotfixes auf dem Testserver war das Virtuozzo 4.0 x64 Paket („virtuozzo4.0\_x64.exe“) nach einer Dauer von ca. 1,5 Stunden abgeschlossen. [75] Diverse Vorlagen (OS-Template, Application-Template und Container-Samples) werden automatisch bei der Installation erstellt, die später für die Erstellung von Containern dienen. Die Verwaltung erfolgt mittels Parallels Management Console (PMC). Die Console eignet sich sehr gut für die einfache und trotzdem umfangreiche Erstellung bzw. Verwaltung von z.B. Containern, Betriebssystem-Vorlagen, Applikations-Vorlagen, allgemeinen Aufgaben sowie für das Monitoring. Der Container-Daten Ordner sollte auf dem iSCSI-Storage (Openfiler) liegen, was der Verfasser zuvor mit der iSCSI-Initiator Installation („Initiator-2.08-build3825-x64fre.exe“) von der Microsoft-Seite für Windows 2003 Server x64) und der anschließenden Konfiguration erledigte.

### Netzwerk, Container erstellen:

Nach der Bündelung zweier Intel Netzwerkkarten wurde am Virtuozzo-Node ein IP-Adressenpool in einem neu erstellten Container Sample „Testserver“ definiert, die Einstellungen der Vorlage für das RAM (512MB) und HDD (500MB) bearbeitet, um auf Basis dieser Vorlage gleichzeitig 7 Stück Container zu erstellen.

Der Vorgang dauerte ca. 2 Minuten, ein Container braucht nur sehr wenig (ca. 50MB) Festplattenplatz und nur ca. 60MB RAM (in dieser Testumgebung). Man kann dann diese Container sofort per Remote Desktop (RDP) verwalten. Durch Applikations-Vorlagen in denen man Anwendungen ablegt, die auf beliebige Container angewandt werden können, kann man sich sehr viel Zeit bei der Installation derselben Programme auf verschiedenen Containern sparen

### Allgemeine Verwaltung der Container:

Über das Kontext-Menü des jeweiligen Containers können dessen Eigenschaften verwaltet und geändert, Backups erstellt, Container geklont und verschoben werden. Mit „Manage Mount Points“ werden dem Container neue oder vorhandene Images (Festplatten) oder auch Hardware-Geräte des Nodes zugewiesen. Ein vorhandenes Image („C:“) kann auch vergrößert werden. Die Performance der einzelnen Container oder des gesamten Nodes werden mit dem „Monitor“ überwacht (siehe Abbildung 38).

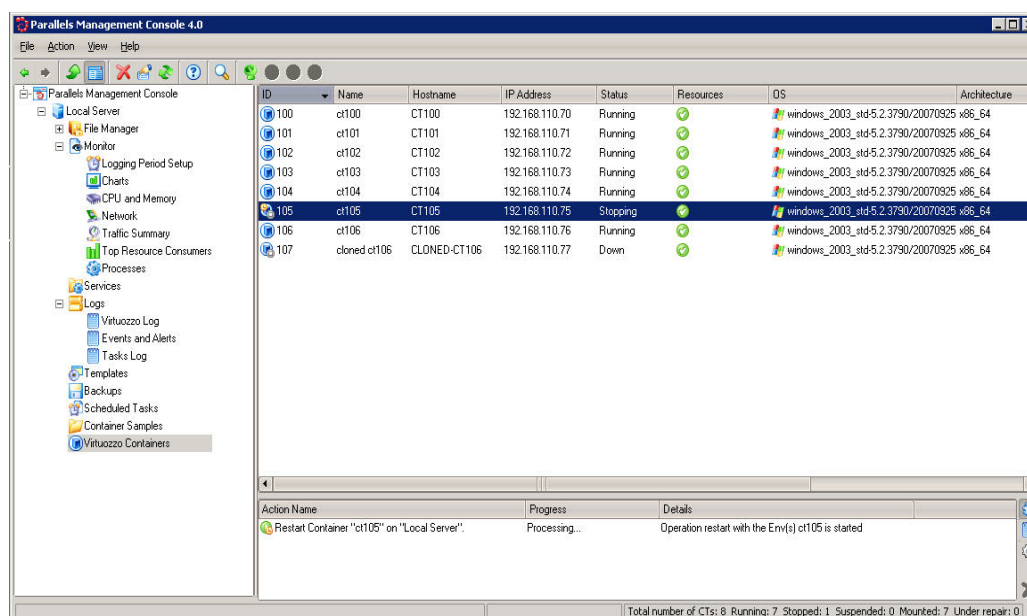


Abbildung 38: Parallels Virtuozzo Containers Verwaltung (Beispielbetrieb)

### Leistungsmessung:

Die Leistungsmessung erfolgt wie im Kapitel 4.2.1.

Werte dazu sind im Anhang 11 ersichtlich.

### Sicherung (Backupmöglichkeiten):

Die Sicherung der Container im Betrieb ist sehr einfach und hat bei einem Testcontainer nur wenige Sekunden gedauert. Wenn sich in den Containern Datenbanken oder Mount Points befinden, dauert das Backup dementsprechend länger. Das Wiederherstellen eines zuvor gelöschten Containers hat bei den Testcontainern nur ca. 10 Sekunden gedauert.

Die zeitgesteuerte Sicherungsdefinition (New Scheduled Task) von Containern verlief tadellos und hat bei einem gleichzeitigen Test von 6 Stück ca. 1 Minute gedauert.

### **P2V-Konvertierung (Parallels Transporter):**

Diese ermöglicht die Migration physischer Windows 2000/2003 Server in Virtuozzo-Container. Ein Test verlief leider erfolglos, da die Prozessor-Architektur (P4, 2,8GHZ) des physischen Servers mit der des Virtuozzo-Servers (Intel Xeon 5310) nicht kompatibel war. Der Verfasser meint, dass die Migrationsmöglichkeiten durch diese massive Einschränkung produktiv kaum einsetzbar sind.

### **Plus:**

- Sehr schlanke Architektur; geringer Ressourcenverbrauch.
- Geringer Performance-Verlust; hohe Dichte der virtuellen Umgebungen (Containers); geringer Platzbedarf je Container.
- Einfache Verwaltung, z.B. mehrere Container mit verschiedenen Applikationssätzen können sehr schnell gleichzeitig erzeugt werden; eventuell für Test-Umgebungsaufbauten (Test: 7 Stück in ca. 2 Minuten erzeugt).

### **Minus:**

- Nur ein und dasselbe Betriebssystem auf einem Host virtualisierbar.
- Es sind keine 64bit- mit 32bit-Editionen oder verschiedene Sprachversionen, Servicepackstände desselben Betriebssystems auf dem gleichen Host möglich.
- Die meisten Kernel-Mode-Treiber wie z.B. Kernel-Mode-Filesystemtreiber (NFS) funktionieren nicht.
- HA-Funktionen wie Hostredundanzen sind nur mit Microsoft Clustering möglich.
- Keine Snapshotmöglichkeiten der Container.
- Keine Priorisierung der einzelnen Container beim Starten möglich bzw. kein Autostart der Container bei Serverneustart möglich.

## **4.5 Speichervirtualisierung (Storagevirtualisierung)**

Speichervirtualisierung bedeutet die Auflösung des herkömmlichen 1:1 Verhältnisses von den Servern zu den Speichersystemen (Storages). Ziel ist es verschiedenste Speicher-Architekturen verschiedenster Hersteller als eine einzelne, monolithische Speicherressource zur Verfügung zu stellen, welche dann einheitlich verwaltet werden kann.

Durch Einbringung einer Virtualisierungsebene zwischen den Servern und den physischen Speichereinheiten (DAS, NAS, SAN) sehen nun die Server nicht mehr auf welcher physischen Speichereinheit sich die einzelnen Daten befinden, sondern nur noch

logische, virtuelle Speicher (Volumes). Auf diesen virtuellen Volumes werden dann die virtuellen Platten der virtuellen Maschinen, die nichts anderes als eine große Datei sind, abgelegt. Innerhalb einer VM taucht jetzt diese Datei als seine vollwertige Festplatte auf, wobei der Gast keinen Unterschied merkt, dass er nur auf diese Datei und nicht direkt auf physische Datenträger zugreift (siehe Abbildung 39).

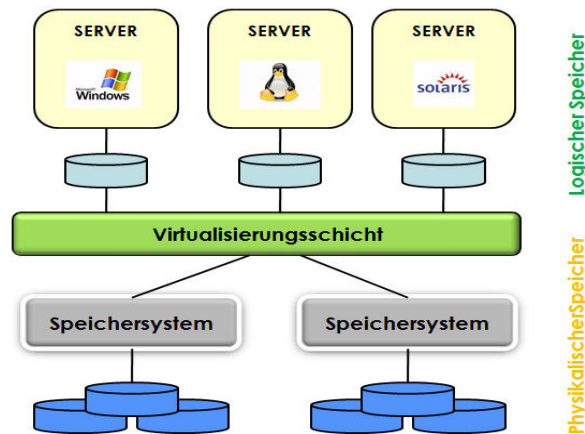


Abbildung 39: Speichervirtualisierung (Storagevirtualisierung)

Wenn diese virtuellen Platten jetzt auf einem (oder mehreren) zentralen Speichersystemen liegen, sind diese auch von mehreren Hosts gleichzeitig erreichbar. Das hat den Vorteil, dass mehrere Hosts gemeinsam (abwechselnd) z.B. für ein Failover auf die virtuellen Disks zugreifen und die VM's starten können.

Sehr wichtig in Bezug auf die Leistung ist die Aufteilung der physischen Datenträger im Speichersystem. Für sehr I/O-lastige Applikationen/Server sollte man mehrere virtuelle Volumes auf unterschiedlichen physischen/logischen Datenträgern (Volumes) erstellen. Diese logischen Volumes sollten als RAID-Verbünde (z.B. RAID-5 mit mehreren Spindeln oder besser RAID-6) abgebildet eventuell auch durch separate Controller (mit Cache) angesprochen werden.

### Snapshots:

Viele Speichersysteme besitzen die Möglichkeit effiziente Backups, sogenannte Snapshots (zu Deutsch: Schappschüsse oder Abbilder) auf block-level Ebene im laufenden Betrieb zu erstellen. Dabei wird keine Kopie der Daten erstellt, was zu lange dauern würde, sondern es werden die Blöcke „eingefroren“ und nur mehr als lese-fähig markiert. Bei anschließenden Schreibvorgängen wird auf neue Blöcke geschrieben. Somit wird sehr wenig Platz verbraucht, die Snapshotdauer ist sehr kurz bzw. wächst nicht wie bei einem normalen File-Level Backup an. Die Implementation kann auch im Betriebssystem erfolgen wie z.B. bei Microsoft durch das Volume Snapshot Service – VSS (Volume Shadow Copy Service), oder in den meisten UNIX Systemen durch den



Logical Volume Manager (LVM). Dadurch sind konsistente Datensicherungen, verschiedene Versionsstände und einfache, schnelle Wiederherstellungsvorgänge möglich.

#### Vorteile:

- Bessere Speicherauslastung und effizientere Nutzung der Systeme durch Hinzufügen, Verschieben und Erweitern von Speicherkapazitäten im laufenden Betrieb (Thin-Provisioning und Over-Provisioning, Over-Allocation).
- Vereinfachte zentrale Administration aller Speicherressourcen aus logischer Sicht.
- Protokollübergreifender, zentraler Zugriff (FC, iSCSI) auf die Speicherressourcen.
- Verbesserte I/O-Leistung durch Zusammenfassung von Speichersystemen.
- Einfache Kontrolle der Nutzung von Speicherressourcen mit Möglichkeit der Abrechnung (Chargeback).
- Business Continuity und Disaster Recovery-Funktionen durch automatisierte Failover-Regeln, Snapshot Möglichkeiten.
- Kosteneinsparungen durch gesteigerte Nettoauslastung der Speichersysteme.

#### 4.5.1 Openfiler

Openfiler ist eine Open Source Storage-Appliance Software basierend auf rPath Linux (Kernel 2.6), die es in kurzer Zeit ermöglicht ein umfangreiches und leicht zu administrierendes NAS/SAN Stagesystem zur Verfügung zu stellen. Der Openfiler enthält OpenSource Software (Apache, Samba, NFS, iSCSI Enterprise Target) und steht als 32/64-bit installierbares ISO-Image frei zur Verfügung. [76] Zu den Merkmalen zählen neben der umfangreichen webbasierten Verwaltung die vollständige iSCSI-Target Funktionalität, Unterstützung der CIFS-, NFS-, HTTP-, FTP-Protokolle, Snapshots, Benutzer/Gruppen Quoten und dynamischer Volume Manager. High Availability (HA) Unterstützung und Remote Replikation (block replication) erfordern allerdings einen kostenpflichtigen Supportvertrag (Enterprise Subscription) (siehe Abbildung 40).

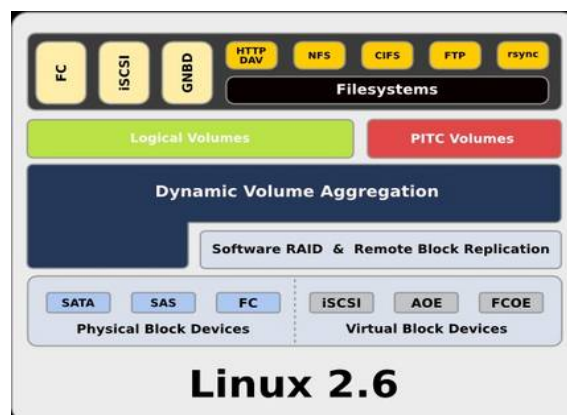


Abbildung 40: Openfiler Architektur [76]

Der Verfasser hat den Openfiler gewählt, da er kostenlos und leicht zu administrieren ist und als ideales iSCSI-SAN zur zentralen Ablage der virtuellen Maschinen eingesetzt werden kann. Die Snapshotmöglichkeit auf Volumes und die Möglichkeit diese im Betrieb zu erweitern sind auch sehr gut (siehe Kapitel 2.4).

Folgenden Server wurde als Speichersystem-Testplattform eingesetzt:

Bezeichnung:	Fujitsu-Siemens Econel 200, BIOS 1100.2020
Prozessor:	2 x Intel XEON 2,8GHZ, 2MB QC
RAM:	3 GB DDR PC2700 ECC
HDD:	2 x 250 GB 7,2k SATA, 2 x 320 GB 7,2k SATA SATA RAID-Kontroller Promise PDC20319 (RAID1)
NIC:	1 x Broadcom NetXtreme Gigabit Ethernet (Onboard) 1 x Intel Pro1000PT 1Gbit Server Adapter

### Installation:

Nach dem Booten von CD und Durchlauf des Installationsassistenten mit den Abfragen zum Tastaturlayout, zur automatischen Partitionierung, Netzwerkdaten, Hostnamen, Timezone, Root-Passwort und mit anschließendem Neustart kann man sich gesichert (Port: 446, https) auf der Administrations Web-Oberfläche anmelden (siehe Abbildung 41). Nachdem noch die beiden Netzwerkkarten (NIC Bonding, alb- "adaptives load balancing") gebündelt wurden und einem Neustart, erfolgte der Test ob bei Ausfall einer Netzwerkkarte das Speichersystem weiter erreichbar ist. Dazu wird ein Dauerping auf die IP-Adresse (ping -t 192.168.110.8) gestartet und die Netzwirkabel abwechselnd abgezogen. Bei dieser Bündelungsart werden beide Netzwerkkarten für Senden und Empfangen genutzt; es ging kein einziges ICMP-Paket verloren.

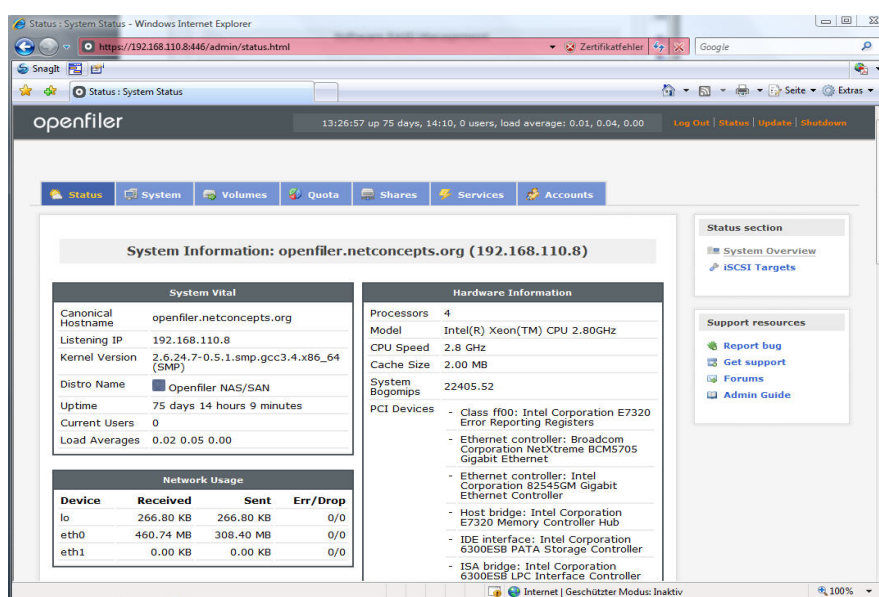


Abbildung 41: Openfiler Web-Administration (Beispielbetrieb)

Das Disk-Management des Speichersystems verläuft in mehreren Schritten:

- Physikalisches Volume mit den 2Stk. 300GB SATA HDD (RAID1) bilden (vergleichbar „RAID erstellen“):  
Menü: Volumes → Block Devices - Software Raid /dev/sdc + /dev/sdd auswählen → Raid1 auswählen/ganzen Platz verwenden → Physical Volume (/dev/md0)
- Volume Group bilden (vergleichbar: „Disk erstellen“):  
Menü: Create a new volume group /dev/md0 auswählen, Namen: raid1-300gb
- Ein Volume auf dieser Volume Group erstellen (vergleichbar: „Partition erstellen“):  
Menü: Volumes → Add Volume → Volume Name: iscsi\_vm1  
Required Space: 40480MB, Filesystem/ Volume type: iSCSI
- iSCSI Targets erstellen  
Menü: Volumes → iSCSI Targets  
Namen vergeben: z.B. iqn.2006-01.com.openfiler:tsn.02 → Add
- LUN-Mapping, dem iSCSI Target ein Volume zuordnen (damit der iSCSI Initiator über dieses Target dann die Verbindung zum Volume herstellen kann):  
Menü: Volumes unter iSCSI-Targets zuerst das iSCSI Target (Select iSCSI Target) auswählen z.B. iqn.2006-01.com.openfiler:tsn.02 → Change  
Menü: LUN Mapping → dem Target wird ein LUN/Volume zugeordnet z.B. Target 2 (iqn.2006-01.com.openfiler:tsn.02) → Map
- Unter Network ACL noch dem entsprechenden LAN-Segment den Zugriff gewähren → Access: „Allow“, sonst funktioniert der Zugriff aufs jeweilige Target nicht (siehe Abbildung 42).

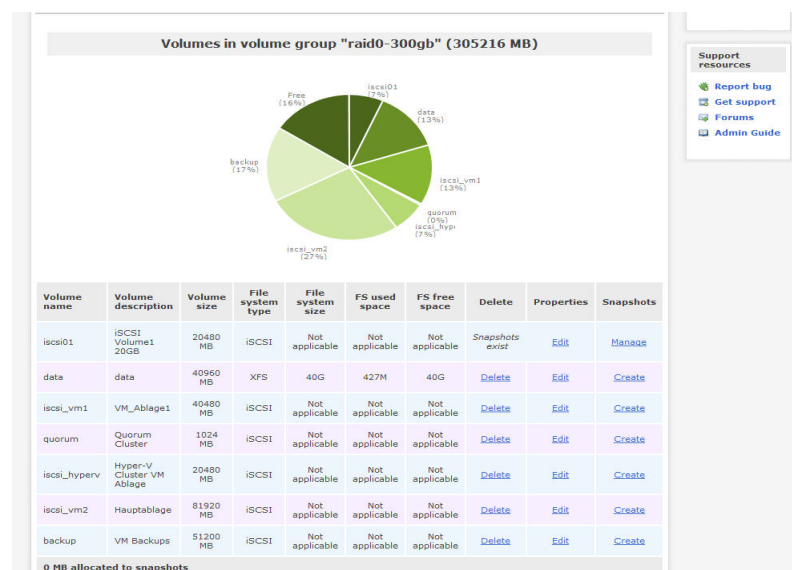


Abbildung 42: Openfiler Volume Verwaltung (Beispielbetrieb)

Jedem iSCSI-Target können mehrere LUNs/Volumes zugeordnet werden oder auch ein LUN/Volume zu verschiedenen Targets. Da pro Target nur eine Verbindung zu einem

iSCSI-Initiator (Host) hergestellt werden kann, muss man für eine HA-Lösung das gleiche LUN auf zwei Targets mappen. Zur Steigerung der Netzwerkleistung bzw. Ausfallsicherheit wurden die beide NIC`s über zwei Stück 1 Gbit-Switche angebunden.

**Plus:**

- Kostenlos (Storagegrößen unabhängig); umfangreiche Funktionalitäten.
- Einfach zu installieren; leicht zu administrieren.
- Sehr gut als iSCSI Target einsetzbar; läuft als solches sehr stabil.
- Gute Performance.

**Minus:**

- Support wäre kostenpflichtig; wird meiner Meinung nach nicht benötigt.
- Bei Windows-Freigaben (Samba-Server) gibt es teilweise Berechtigungsprobleme.

#### **4.5.2 Weitere Speichervirtualisierungsprodukte**

Weitere Speichervirtualisierungsprodukte/Storagelösungen sind:

**Datacore SANmelody:**

Das kostenpflichtige SANmelody bietet zusätzlich zu den Funktionalitäten des Openfiler noch die synchrone/asynchrone Spiegelung zwischen zwei oder mehreren SAN; sehr flexible virtuelle Festplattenkapazitäten durch automatisches "thin provisioning" des Festplattenbedarfs, d.h. dem Server wird ein großes Volume präsentiert, aber nur die tatsächlich benötigten Blöcke werden dynamisch darauf belegt ("just-in-time"). Durch diese effektivere Nutzung wird anfangs nur wenig physikalischer Festplattenspeicher im Speichersystem benötigt. Der Speicherumfang kann später, bei tatsächlichem Bedarf durch zusätzliche Platten erweitert werden (Kostensparnis). [77]

**Nexenta Nexentastor:**

Die kostenlose Nexentastor Unified Appliance ist eine Speichervirtualisierungslösung, welche auf OpenSolaris von SUN basiert und mit dem mächtigen, sehr robusten ZFS-Filesystem ausgestattet ist. [78] Das ZFS-Filesystem mit seinen umfangreichen Merkmalen bietet eine solide Grundlage für eine Speichervirtualisierungsplattform auch auf Basis günstiger SATA-Festplatten. [79]

**Falconstor Network Storage Server (NSS):**

Der kommerzielle Falconstor Network Storage Server bietet wie Datacores SANmelody sehr ähnliche Möglichkeiten und Ausstattungsdetails um sehr umfangreiche Speichervirtualisierungsvorhaben zu realisieren. [80]

## 4.6 Konvertierungs-, Migrations-Werkzeuge:

In diesem Kapitel geht der Verfasser auf sinnvolle Werkzeuge (kommerzielle Tools) zur Konvertierung/Überführung (Migration) physischer Server in virtuelle Maschinen ein.

Bei einem Migrationsvorhaben und bei der Planung einer Sicherungsstrategie können diese "Konvertierer" sehr hilfreich sein. Dabei kann sich der teilweise recht hohe Anschaffungspreis bei einer größeren Anzahl zu konvertierender Maschinen (> 10 Maschinen) durch den geringeren Zeitbedarf gegenüber einer Neuinstallation recht schnell amortisieren.

### 4.6.1 Platespin PowerConvert 7.0:

PowerConvert bietet die Konvertierung/Migration in alle Richtungen (P2V, V2V, V2P, I2V, V2I) inkl. Live-Migration, d.h. die Überführung einer physikalischen Maschine oder mehrerer (gleichzeitig) in eine VM oder mehrere VM's ohne Unterbrechnung. Die Lösung eignet sich sehr gut für die Migration größerer Serverlandschaften, im Besonderen durch die breite Virtualisierungsplattform-Unterstützung und die Möglichkeit in alle Richtung zu migrieren (z.B. um eine ursprünglich konvertierte physikalische Maschine in eine VM wieder auf einer anderen Hardwareplattform als physische Maschine laufen zu lassen), was sich der Hersteller auch redlich bezahlen lässt. (siehe Abbildung 43). [81]

Der Verfasser konnte das Produkt leider nicht testen, da keine kostenlose Testversion verfügbar war. Dadurch kann man auch keine Vor- und Nachteile ableiten, außer dass der Verfasser das Produkt als recht kostspielig einstuft, es aber die umfangreichsten Migrationsmöglichkeiten aller Konvertierungs/Migrationsprodukte zu bieten scheint.

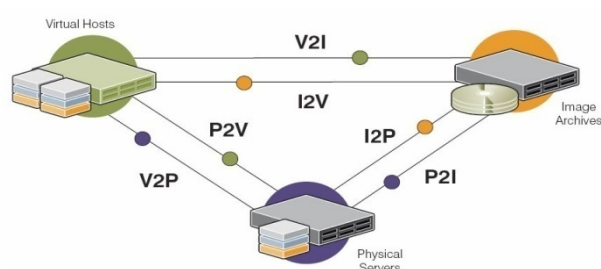


Abbildung 43: Platespin PowerConvert (Migration in alle Richtungen) [9]

### 4.6.2 Vizioncore vConverter 4.0:

Das Produkt bietet schnelle, gleichzeitige und zeitgesteuerte Server-Konsolidierungen von Windows-Systemen auf verschiedensten virtuellen Zielplattformen (VMware, Microsoft, XenServer, Virtual Iron). Durch die Möglichkeit der zeitgesteuerten, inkrementellen Replikation/Konvertierung physikalischer Server in die virtuelle Ziel-Umgebung, ist ein fortlaufender Schutz physikalischer Maschinen für ein Disaster Recovery möglich. [82]

Für eine erfolgreiche Konvertierung müssen einige Voraussetzungen erfüllt sein: Windows Management Instrumentation (WMI) und Remote Procedure Call (RPC) müssen auf der Windows-Quellmaschine laufen. Quell- und Ziel-Maschine müssen sich in der gleichen Domäne befinden und man muss vollen administrativen Zugriff auf die Quell-Maschine haben. Die zu konvertierende Maschine (Quelle) wird dazu aus dem Netzwerk Browser in das „Source Server“-Feld gezogen, die gewünschte Partition ausgewählt, und beim Ziel-Server (Target) der Ziel-Ordner angegeben. Nach Speichern der Aufgabe startet man diese, wobei bei Wahl der „File-Based“-Konvertierung die virtuelle Disk auf eine minimale Größe, verkleinert wird (siehe Abbildung 44).

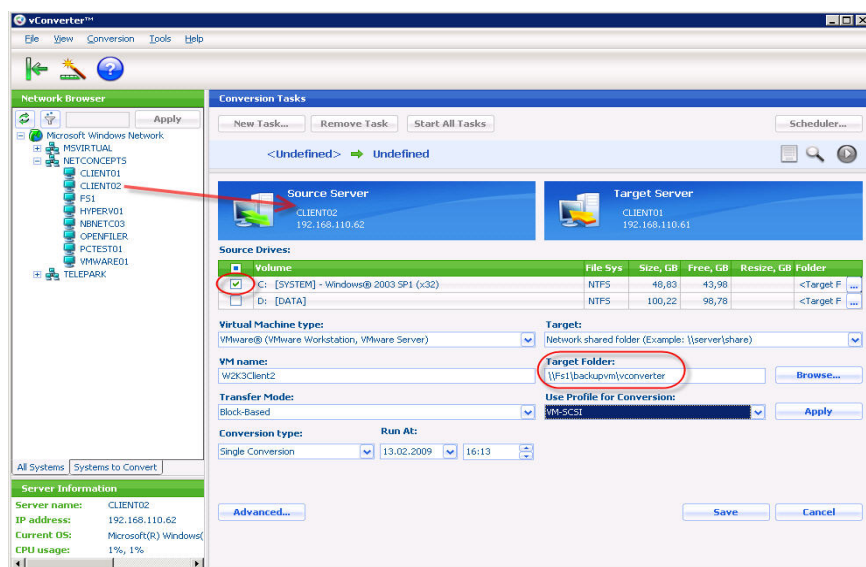


Abbildung 44: Vizioncore vConverter (Beispielbetrieb)

#### Plus:

- Sehr umfangreiche Konvertierungsmöglichkeiten von Windows-Maschinen auf verschiedene Virtualisierungsplattformen als vergleichbare Konvertierungsprodukte (siehe Kapitel 4.6.3, 4.6.4).

#### Minus:

- Kostenpflichtig, Lizenzmanagement umständlich.
- Mühsamere Bedienung als vergleichbare Produkte (siehe Kapitel 4.6.3, 4.6.4).
- Keine Linux-Unterstützung.
- Windows 2008 Server- und Windows Vista- Maschinen sind nicht konvertierbar.

### 4.6.3 Acronis TruImage Echo Server 9.5:

Acronis TruImage Server ist ein schon lange auf dem Markt befindliches Imaging-Programm, welches neben klassischen Backup- und Disaster-Recovery Kernaufgaben jetzt auch als „ECHO-Version“ die Konvertierung von Abbildern (Images) zu virtuellen Festplattenformaten unterstützt. [83]

Als Konvertierungstest fungiert ein auf dem Testserver (siehe Kapitel 4) installiertes Windows 2003R2 x64 Enterprise, welches zuvor in ein Image (.tib-Datei) gesichert wurde. Zur Konvertierung wählt man über den Menüpunkt "Convert Backup to VirtualDisk" im folgenden Assistenten die Image-Datei aus und darauf das gewünschte virtuelle Disk-Format, in welches konvertiert werden soll (siehe Abbildung 45).

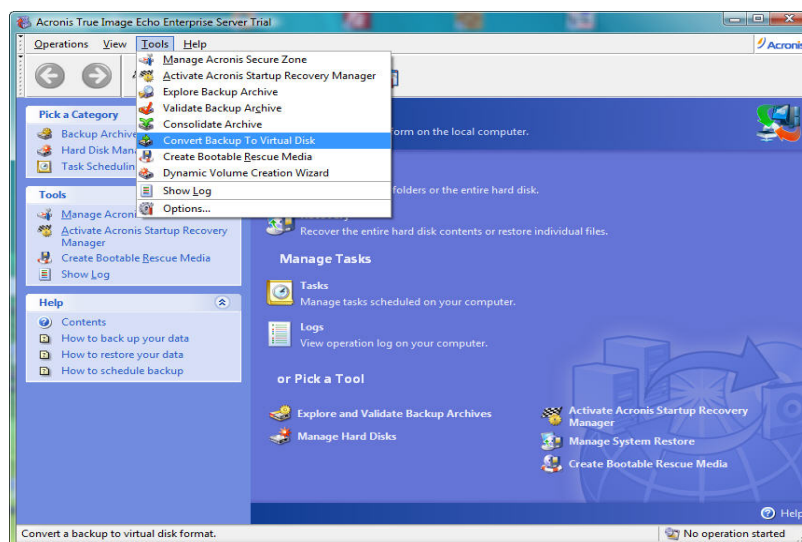


Abbildung 45: Acronis Truelmage Echo Server (Beispielbetrieb)

Als Zielplattform wurde "VMware" gewählt und danach die erstellte virtuelle Disk (vmdk-Datei) auf den VMware 2.0 Server (Linux Host) kopiert (siehe Kapitel 4.2.1). Dort wird beim Erstellen einer neuen VM diese schon vorhandene virtuelle Disk (Menü: "Use an Existing Virtual Disk") ausgewählt. Nach abschließender Konfiguration kann die VM gestartet werden.

#### Plus:

- Sehr gutes, schnelles, einfach zu bedienendes Image-Programm mit umfangreichen Erstellungsoptionen.
- Umfangreiche Wiederherstellungsmöglichkeiten; gute Aufgabenplanung, sehr gute Boot Recovery CD.

#### Minus:

- Kostenpflichtig.
- Konvertierung nur von Truelmage Dateien (tib) in virtuelle Disk-Formate möglich.

#### 4.6.4 VMware vCenter Converter 3.0.3, 4.0:

Dieser kostenlos erhältliche Konverter von VMware ermöglicht die Konvertierung zahlreichster Quellformate inkl. des OVF (Open Virtualization Format) in das VMware-



Format (ESX oder VMware-Server). Mittels Agenten kann man auch über das Netz eine (auch mehrere gleichzeitig) laufende physische Maschine in eine Virtuelle konvertieren. Das Ziel kann das Speichersystem des ESX-Servers sein, auf dem VM's dann optional gleich gestartet werden können ("Hot Cloning"). Bei der kostenpflichtigen Enterprise-Version sind auch zeitgesteuerte Konvertierungen möglich. Bei dieser Version gibt es auch eine Boot-CD, womit Datenbankserver oder Domaincontroller verlässlich konvertiert ("Cold Cloning") werden können (siehe Abbildung 46). [84]

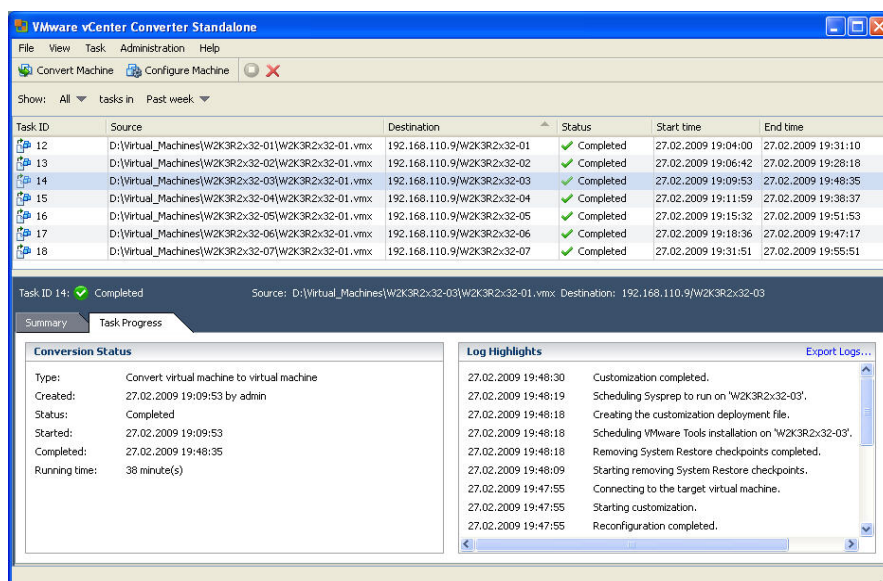


Abbildung 46: VMware vCenter Converter (Beispielbetrieb)

Zu Testzwecken wurde eine MS VM mit Debian-Linux (vhd) in einen VMware Server (vmdk) umgewandelt. Der Konvertierungsvorgang gestaltete sich sehr intuitiv und hat bei der neueren 4.0er Version nur ca. 8 Minuten betragen.

#### Plus:

- In der Starter bzw. Standalone Ausführung kostenlos.
- Sehr umfangreiche Import-Format-Unterstützung.
- Einfache, übersichtliche, intuitive Bedienung, ab der 4.0 Version sehr schnell.

#### Minus:

- Konvertierung von XenServer virtuellen Disks (xva) nach VMware nicht möglich.
- Primär nur für VMware-Lösungen als Zielplattform geeignet.

#### 4.6.5 XenSource Virtual Disk Migration Utility 1.3.4:

Mit dem XenSource Virtual Disk Migration Utility kann man primär vorhandene VMware (vmdk) und Microsoft (vhd) VM's in das XenServer-Format (xva - Xen Virtual Appliance) überführen. Vor der Konvertierung müssen eventuell erstellte Snapshots und die VMware



Tools entfernt werden und die virtuelle Quelldisk sollte das VMware Workstation 4.x-Format haben. [85]

Als Test wurde eine Windows 2008 Server Enterprise virtuelle VMware Disk gewählt, die mit folgendem Befehl ins XenServer-Format umgewandelt wurde:

Befehl: `v2xva.exe /verbose:Loud /config: "D:\Virtual_Machines\Win2008EntTrial\Win2008x64Ent_Trial.vmx" /output:"E:\D:\Virtual_Machines\XEN\Win2008EntTrial\"`

**Plus:**

- Kostenlos; Source-Code erhältlich da unter GPL.
- Simpel per commandline zu starten.

**Minus:**

- Nur für die Konvertierung ins XenServer Format geeignet.

#### **4.6.6 Citrix XenServer Boot-CD (P2V):**

Mit der Citrix XenServer 5.0 Boot-CD und dem darauf befindlichen P2V-Tool kann man physikalische Linux-Maschinen in Virtuelle konvertieren (Windows Betriebssysteme funktionieren nicht, siehe Kapitel 4.6.6). Dazu sollte in der Quellmaschine eine 64bit-fähige CPU vorhanden sein und diese PAE (Physical Address Extension) unterstützen, sonst müsste man wie bei dem Konvertierungs-Test des Verfassers beim Booten "F2" drücken und "p2v-legacy" eingeben. Nach Eingabe der Ziel-Host-Daten und des Speichers (Storage Repository) beginnt die Konvertierung in den XenServer.

#### **4.6.7 Citrix XenConvert 1.1**

Das für Windows installierbare kostenlose XenConvert Programm von Citrix unterstützt die Überführung physikalischer Windows Maschinen direkt in den Citrix XenServer. Der Migrations-Test eines Windows 2003 R2SP1 Standard Servers ist nicht problemlos verlaufen, da die Disk zwar konvertiert, jedoch nicht in einem Rutsch in den XenServer importiert wurde. Nach einem anschließenden Import als XenServer-Virtual-Appliance hat die VM aber funktioniert. Das Programm ist aus der Sicht des Verfassers noch nicht ganz ausgereift, unterstützt (noch) keine Windows 2008 Server und auch keine Systeme mit vielen offenen Dateien wie z.B. Domain Controller. [86]

## 5 LEISTUNGEN

In diesem Kapitel wird der Verfasser die Leistungen der Virtualisierungslösungen messen, die Merkmale mittels einer ausgearbeiteten Bewertungsmatrix an die Anforderungen bewerten und die in Frage kommenden Produkte hinsichtlich der Lösung betrachten. Neben diesen Leistungen wird auch die zu empfehlenden Sicherungsstrategien für KMU's erläutert.

### 5.1 Leistungsmessung (Performancemessung) von Virtualisierung

Der Industrie-standardisierte „Virtualisierungs-Benchmark“ der SPEC-Group, der die Performance verschiedener Virtualisierungslösungen messen sollte, befand sich zum Testzeitpunkt erst in Entwicklung. [87] Deshalb hat sich der Verfasser bezüglich Leistungsmessungen – Ermitteln des Lastverhaltens bzw. „Lasterzeugens“ – folgendes Szenario („Testsatz“ mit Skripten) überlegt.

#### Testbeschreibung, Ablauf:

Ein „Testsatz“ von 7 Stück virtuellen Maschinen (VM1-VM7) mit Windows 2003 R2 32-bit Standard Server als GastBetriebssystem (jeweils 512MB RAM, 4GB HDD) wurden jeweils auf einem VMware Server 2.0, VMware ESXi 3.5U3, VMware ESX 3.5U3, Citrix XenServer 5.0 und Parallels Virtuozzo Containers 4.0 (als Container CT100-CT106) erstellt bzw. soweit möglich importiert.

In den einzelnen VM's ist dann einerseits ein Skript, das Festplatten/Dateizugriffe erzeugt, gelaufen und die Festplatten IO-Leistung wurde ermittelt („disktest1.1.vbs“). [88] Gleichzeitig hat ein weiteres Skript CPU-Last in den VM's generiert („cpubusy.vbs“). [89] Von zwei physischen Client-PCs (Windows XP Pro SP3) wurde zeitgleich der Netzwerkdurchsatz zu allen 7 VM's mittels NetIO [90] ermittelt.

Es folgt die Aufstellung welche Skripte auf welcher VM gleichzeitig ausgeführt wurden:

#### VM1, VM3, VM5, VM7

**Disktest Skript:** Schreibt fortlaufend 10 MB große Dateien und misst die Festplatten-Leistung (Aufruf in DOS-Box "cscript.exe disktest1.1.vbs").

#### VM2, VM4, VM6, VM7

**CPU-Last Skript:** Lastet die vCPUs mittels Sinus-Funktion zu 100% aus und somit eigentlich alle 4 CPU-Kerne.

#### VM1 bis VM7

**NetIO-Server:** Der NetIO-Server Prozess wird gestartet („netio.exe -ts“), auf den von den physischen Clients zugegriffen wird.

**Physischer Client1:** Der NetIO-Client wird 50 Mal zu VM01, VM03, VM05, VM07 gestartet (z.B. "netio.exe -t VM01" bis "netio.exe -t VM07").

**Physischer Client2:** Der NetIO-Client wird 50 Mal zu VM02, VM04, VM06 gestartet (z.B. "netio.exe -t VM02" bis "netio.exe -t VM06").

Dabei wird die Netzwerkleistung von den Clients zu den belasteten VM's ermittelt. Damit sich die Werte einigermaßen einpendeln, werden die Skripte ca. 15 Minuten vor der Datenerfassung gestartet. Mittels dieses "Testsatzes" erhält man einen guten Überblick von den wichtigsten Leistungsdaten (Disk/IO, Netzwerkdurchsatz, CPU-Lastverteilung) der verschiedenen Virtualisierungsplattformen und kann somit eine leistungsmäßige Beurteilung abgeben. Werte dazu sind im Anhang 11 ersichtlich.

Für eine umfangreiche Leistungsermittlung wäre auch der kostenlose, nicht kommerzielle „VMmark“ (VMware) geeignet. Dieser Benchmark generiert echte „Workloads“ (Lasten), indem mehrere VM's diverse Aufgaben (insgesamt 5 Stück: Mail-, Datenbank-, File-, Web-, Javasever) ausführen, mehrere Clients (5 Stück) auf VM's zugreifen und somit die Effizienz der Virtualisierungsplattform messen. Auf Grund der umfangreichen Anforderungen hat der Verfasser diese Tests nicht durchgeführt. [91]

## 5.2 Sicherungsstrategien (Backuplösungen) für KMU's

Bei der Definition einer geeigneten Sicherungsstrategie stellen sich aus Sicht des Verfassers anfangs immer folgende Fragen: Was soll wann, wie, wohin gesichert werden? Die Antworten auf diese Fragen sind entscheidend, da die Sicherungsstrategie maßgeblich die Wiederherstellungsmöglichkeiten (Zeitenverhalten) bei einem etwaigen Desaster bestimmen.

Es stellen sich weitere Fragen: Sichert man nur die Daten oder auch die VM's? Wenn auch die VM's gesichert werden sollen, müssen diese im Betrieb ("Hot-Backup") gesichert werden oder reicht es, diese im ausgeschalteten Zustand (Cold-Backup) in der Nacht zu sichern? Reicht es aus die gesamten Dateien der VM's (Disk-Datei, Konfigurations-Datei) als "Ganzes" durch einfaches Wegkopieren zu sichern oder sichert man auch die Daten in den VM's per File-Level Backup durch Agenten? Wie sichert man den Host, wenn überhaupt: Einmal oder regelmäßig? Welche Speicherorte sind geeignet für die Sicherungen (Festplatten, Bandlaufwerke, etc.), ist eine mehrstufige Sicherung zu empfehlen und wie lange sollte archiviert werden?

Prinzipiell muss die Sicherungsstrategie immer an die Anforderungen des Betriebs/Umgebung individuell angepasst werden. Denn die Wahl der Sicherungsart und

vor allem der Sicherungs-Intervalle spielen eine entscheidende Rolle bei einer Wiederherstellung bzw. im Disaster-Recovery Fall – denn darum geht es auf jeden Fall. Folgende Begrifflichkeiten werden zur Definition des Zeitverhaltens bei der Wiederherstellung verwendet und sind vor der Implementation festzulegen:

**RTO (Recovery Time Objective):**

Ist jene Zeit, die zwischen einem Disaster und der vollständigen Wiederherstellung des Systems bzw. der Daten liegen darf.

**RPO (Recovery Point Objective):**

Ist der maximale Zeitabstand/Intervall zwischen zwei Sicherungen. Anders gesagt ist die RPO in Zeit gemessen, wie viele Daten man sich erlauben/leisten kann bei einem eintretenden Disaster zu verlieren bzw. verloren gehen dürfen.

Je geringer diese beiden Zeiten insgesamt sein sollen, desto aufwändiger (und teurer) wird die Sicherungsstrategie zu wählen sein. Ein Ablauf um die geeignete Sicherungsstrategie(n) zu finden lautet wie folgt (siehe Abbildung 47):

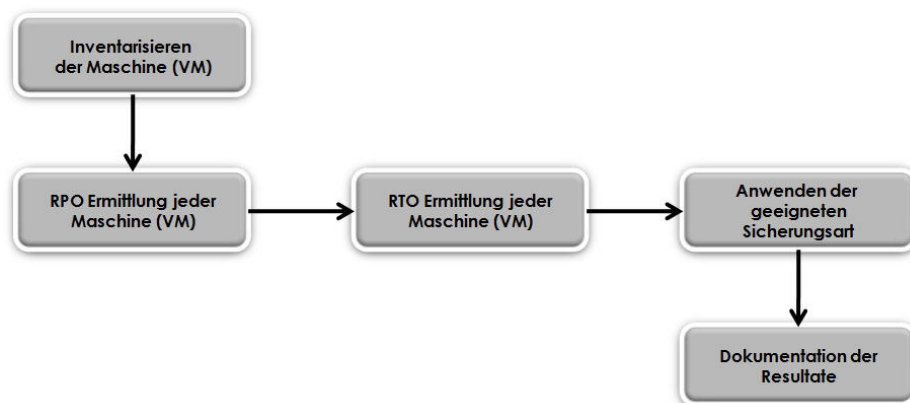


Abbildung 47: Ablauf zur Findung einer geeigneten Sicherungsart

Durch die Inventarisierung ergibt sich auch eine Priorisierung nach Wichtigkeit der Maschinen bei der Wiederherstellung, gleichzeitig werden Abhängigkeiten erkannt und ein Anlaufplan kann definiert werden. Insgesamt sollte der K.I.S.S Faktor „Keep It Simple Stupid“ stets im Auge behalten werden, denn je einfacher das komplette IT-System insgesamt gehalten ist, desto unwahrscheinlicher ist ein Ausfall. [92]

### 5.2.1 Sicherungs IST-Zustand des Beispielbetrieb

Bei dem Beispielbetrieb werden täglich zwei differentielle Sicherungen (geänderte Daten seit der letzten Vollsicherung) aller Nutzdaten (Dateien, Datenbanken) in der Nacht auf zwei Netzwerkspeichern (NAS) per File-Level-Backup mittels Sicherungsprogramm-Agenten über Nacht ausgeführt.

Die zwei Vollsicherungen erfolgen am Wochenende auf die beiden NAS.

Eine Sicherung (Imaging) der Server an sich (Betriebssystem) gibt es nicht, die Auslagerung der Sicherungen auf Bandlaufwerke sowie eine Archivierung über einen längeren Zeitraum sind nicht vorhanden.

Anlaufpläne der Systeme sind keine vorhanden, die Abhängigkeiten sind aber bekannt (siehe Kapitel 3.2), eine Priorisierung der Systeme ist ebenfalls nicht vorhanden.

### 5.2.2 Sicherungs SOLL-Zustand (des Beispielbetrieb, KMU's)

Der Verfasser ist der Meinung, dass der Sicherungs Soll-Zustand bei dem Beispielbetrieb wie folgt implementiert werden soll.

Dieser Ablauf der Sicherungen dürfte auch sehr gut für andere KMU's anwendbar sein:

- **Sicherung der VM's:**

Eine tägliche Sicherung (Backup) der VM's in der Nacht ist ausreichend, da pro Tag im Betriebssystem der Gäste eigentlich keine großen Änderungen (Software Installation, etc.) zu erwarten sind. Dazu sollte die virtuelle Maschine einfach heruntergefahren, exportiert (Backup) und wieder gestartet werden. Sind Änderungen an der VM nötig (Installation neuer Programme, etc.), wäre vorher ein Backup (ev. Snapshot) manuell anzustoßen. Eine Wiederherstellung der VM ist mit einem einfachen Importvorgang zu erledigen. Die Sicherungen der VM-Diskens sollten auf einem Netzwerkspeicher (NAS) erfolgen.

- **Sicherung von Nutzdaten, Datenbanken, etc.:**

Diese sollten wie auch andere im Laufe des Tages veränderte Daten (z.B. Active Directory-Benutzer, Systemstatus, DNS, DHCP-Daten, etc.) täglich in der Nacht auf Dateiebene (File-Level) mit in den VM's installierten Agenten des vorhandenen Sicherungsprogramms erfolgen. Dabei werden nur die geänderten Daten seit der letzten Vollsicherung, die jedes Wochenende erfolgen soll, gesichert (differentielle Sicherung), was einen guten Kompromiss zwischen Sicherungsumfang und Wiederherstellungszeit darstellt.

Die Sicherung sollte 2-stufig ausgeführt werden (B2D2T- Backup To Disk To Tape):

1. Stufe: Sicherung auf einen Netzwerkspeicher (NAS):

Die Wiederherstellungszeiten (für einzelnen Dateien) sind von einem NAS geringer als von einem Bandlaufwerk; beim Backup ist man nicht so sehr auf die Bandkapazität eines einzelnen Band beschränkt.

2. Stufe: Sicherung auf ein Bandlaufwerk, besser Bandwechsler:

Diese Sicherungen sind auf einen Bandwechsler (Tape Library) mit mindestens 6 (5+1) Laufwerksschächten und ausreichender Kapazität (z.B. LTO-4) zu empfehlen, da auf das tägliche Wechseln des Bandes vergessen werden kann.

Das Wochensicherungsband soll unbedingt außer Haus (z.B. Bankschließfach) gelagert werden, falls es zu Bränden, Wassereintritten etc. kommt.

Die Monatssicherungsbänder (Vollsicherung wie bei Wochensicherung) müssen ebenfalls außer Haus gelagert und 7 Jahre archiviert werden.

Für die Sicherungsaufträge müssen Benachrichtigungen über Erfolg oder Misserfolg des Auftrags an die verantwortlichen Personen generiert werden (z.B. Mailverständigung, Protokoll-Ausdruck auf einem Drucker, etc.).

Ist ein Sicherungsauftrag einmal nicht erfolgreich, ist eine umgehende Reaktion erforderlich. Die Sicherungsprotokolle sollten als Nachweis über einen längeren Zeitraum (mindestens 1 Jahr) aufbewahrt werden. Dann gibt es bei einem etwaigen Datenverlust mit anstehender Wiederherstellung auch keine Diskussionen, ob die damalige Sicherung überhaupt erfolgreich war. Dieses Sicherungs-Prozedere empfiehlt sich auch in andere KMU's.

- **Host-Sicherung:**

Die Hosts müssen nicht extra gesichert werden, da sie bei den meisten Virtualisierungsprodukten in kürzester Zeit neu installierbar sind, aber eine regelmäßige Sicherung der Konfiguration wäre dennoch einmal pro Woche zu empfehlen. Die Sicherung der Host kann je nach Virtualisierungsprodukt auf diesem selbst ausgelöst werden (z.B. Citrix XenServer, Kapitel 4.3.1) oder auch über eine Imaging-Programm (z.B. Acronis TrueImage) erfolgen (siehe Kapitel 4.6.3). Die Images (Abbilder) der Hosts sollten ebenfalls auf einem NAS gesichert werden und 1x monatlich auf einem extra Band ausgelagert werden.

Eine Verringerung der Sicherungsabstände der Nutzdaten (z.B. zwei oder mehrmals täglich), würde die Menge des Datenverlusts bei einem Disaster zwar verringern (Senkung der RPO, siehe Kapitel 5.2.1). Der Sicherungsumfang steigt dafür aber wie auch Anforderungen an die Sicherungshardware (Speicherbedarf).

Überhaupt ist man in den KMU's oft damit konfrontiert, dass diese Betriebe immer eine sehr gute Backup-Lösung haben wollen, die noch dazu sehr unauffällig und verlässlich ihren Dienst verrichtet, aber diese Unternehmen oft nur wenig oder das nötigste in ihre IT investieren wollen. Bei einem Datenverlust oder Disaster kommt es dann oft zu einer bösen Überraschung wenn die Sicherungen schon länger nicht erfolgreich waren und keiner die Fehlermeldungen beachtet oder darauf reagiert hat, da sich niemand konkret verantwortlich fühlte.

Man sollte das jeweilige Unternehmen deshalb auf die Thematik der Sicherung sensibilisieren, d.h. bereits im Vorfeld bei der Einführung einer neuen Lösung nachdrücklich darauf aufmerksam machen, dass eine funktionierende Sicherung sehr wichtig ist.

Hat man dann einen guten Kompromiss (leider ist es meist einer) zwischen Sicherungsintervallen und damit verursachten Investitionskosten gefunden, sollte dieser Sicherungsablauf von der jeweiligen Geschäftsführung abgesegnet werden. In den meisten kleinen und mittleren Unternehmen ist die Geschäftsführung oft nicht unmittelbar an der IT interessiert, im Endeffekt aber dafür verantwortlich was im Betrieb passiert. Kommt es zu einem Datenverlust und ist die Geschäftsführung über die Sicherungsabläufe in ihrem Unternehmen nicht unterrichtet worden, könnte es für die administrierenden Personen zu Problemen kommen.

### **5.3 Bewertungsmatrix der Virtualisierungsprodukte**

Infolge der umfangreichen Evaluierungen, der durchgeführten Funktionstests und Leistungsmessungen der verschiedenen Virtualisierungsprodukte sowie daraus gewonnener Erkenntnisse, werden die Virtualisierungsprodukte anhand von Kriterien und Prioritäten (abgeleitet vom Beispielbetrieb) in einer zweidimensionalen Bewertungsmatrix einander gegenüber gestellt (siehe Abbildung 48):

Diese Bewertungsmatrix dient dazu die Produkte anhand der benötigten Kriterien zu bewerten. So wird der objektive Aspekt der Bewertung sichergestellt. Die Eigenschaften der Produkte sind teilweise unterschiedlich umfangreich implementiert, vor allem die Handhabung weist größte Unterschiede auf. Diese Bewertungsmatrix ist generell für

KMU's einsetzbar, da bei allen Unternehmen dieselben Kriterien zutreffen, gegebenenfalls mit Unterschieden in der Gewichtung.

Bewertungsmatrix							
Produkte Kriterien	MS Virtual Server 2005R2 SP1	Microsoft Hyper-V Server 2008	VMware Server 2.0 (Linux)	VMware ESX Server 3.5i	VMware ESX Server 3.5 UPD3	Citrix XenServer 5.0	Parallels Virtuozzo Containers 4.0
Handhabung	mangelhaft	ausreichend	ausreichend	gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
Desaster Recovery, Sicherungsmöglichk.	ausreichend	ausreichend	ausreichend	ausreichend	sehr gut	sehr gut	gut
Funktionsumfang, Erweiterbarkeit	mangelhaft	ausreichend	ausreichend	ausreichend	sehr gut	sehr gut	gut
Verfügbarkeitsoptionen (HA)	mangelhaft	ausreichend	nicht vorhanden	ausreichend	sehr gut	sehr gut	mangelhaft
Betriebssystem-unterstützung	ausreichend	gut	gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr schlecht
Migrationmöglichkeiten	mangelhaft	mangelhaft	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut	mangelhaft
Performance	mangelhaft	sehr gut	mangelhaft	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
Kosten (Anschaffungs-, laufende Kosten-TCO)	gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr schlecht	sehr gut	ausreichend
Reportingmöglichkeiten	mangelhaft	mangelhaft	mangelhaft	gut	sehr gut	gut	mangelhaft
Support (Roadmap)	mangelhaft	gut	mangelhaft	ausreichend	sehr gut	sehr gut	gut
Summe:	66	125	102	152	210	212	131

Legende:			
Kriterienbewertung:	Punkte:	Prioritätsfaktor:	Multiplikator
sehr gut	10	Priorität 1: hoch	x3
gut	7	Priorität 2: mittel	x2
ausreichend/mittel	4	Priorität 3: gering	x1
mangelhaft/schlecht	2		
nicht vorhanden/sehr schlecht, "Ausscheidungsgrund"	0		

Abbildung 48: Bewertungsmatrix der Produkte anhand der Kriterien, Prioritäten (Beispielbetrieb)

Die Bewertung der Kriterien, welche relevante Eigenschaften der Produkte abbilden, erfolgt nach einem Punktesystem von "sehr gut" (=10 Punkten) bis "nicht vorhanden/sehr schlecht" (=0 Punkte). Die Kriterien werden je nach Prioritätsfaktor (der sich wiederum als individuelle Gewichtung aus der individuellen Befragung des Beispielbetrieb ableitet) mit einem Multiplikator von x3 ("hoch") bis x1 ("gering") multipliziert (siehe auch Legende).

Die Kriterien Handhabung, Desaster-Möglichkeiten, Funktionsumfang und Support wurden bei der Kundenbefragung vom Betrieb als sehr wichtig beurteilt (Prioritätsfaktor "hoch", rot gekennzeichnet), das Kriterium Reportingmöglichkeiten als nicht so wichtig gesehen (Prioritätsfaktor "gering", gelb gekennzeichnet). Die anderen Kriterien wurden vom Unternehmen mit mittlerer Priorität eingestuft (orange gekennzeichnet).



**Beispiel:** Es ergeben sich für das Kriterium “Handhabung” bei MS Virtual Server 2005R2 nach der Bewertung des Produkts mit “mangelhaft” 2 Punkte. Multipliziert man nun mit dem Prioritätsfaktor x3 (Prioritätsfaktor “hoch”) ergibt das 6 Punkte bei diesem Kriterium. Abschließend werden die Punkte aller Kriterien je Produkt summiert und ergeben somit eine Kennzahl (Summe), die Auskunft über die Einsetzbarkeit (Tauglichkeit) des Produkts für das jeweilige Unternehmen gibt.

Je höher die Summe desto besser ist das Produkt für den jeweiligen Betrieb geeignet (siehe Kapitel 5.4).

Anmerkung: Das Kriterium “Migrationsmöglichkeiten”, das beim Beispielbetrieb nicht aussagekräftig erhoben werden konnte, der Verfasser aber für die Bewertung und besonders für die Umsetzung einer Virtualisierungslösung als sehr relevant hält, wurde mit mittlerer Priorität bewertet.

## 5.4 Produktbewertung und Betrachtungen

Aus der Bewertungsmatrix (siehe Kapitel 5.3) ist erkennbar, dass eigentlich nur zwei Produkte für die zukünftige Virtualisierungslösung für den Beispielbetrieb in Frage kommen:

Citrix XenServer 5.0 und VMware Infrastructure 3 mit ESX 3.5.

Nicht nur die hohe Punkteanzahl (und der relativ große Abstand zu den punktemäßig nächstgelegenen Produkten, sondern auch der insgesamt Eindruck und die gewonnenen Erkenntnisse, was sich nur schwer in Punkten ausdrücken lässt, unterstreichen das Ergebnis. Diese beiden Produkte bilden insgesamt sehr gut die an die Lösung gestellten Kriterien ab. Eine Ausscheidung eines der Produkte fällt nicht leicht, da sie dem Verfasser als sehr brauchbar erschienen sind und vor allem von den getesteten Produkten am besten zu verwalten waren.

### 5.4.1 Ausscheidung von Produkten

Ein “nicht vorhanden oder sehr schlecht” (0 Punkte) in der Bewertung eines Kriteriums der Bewertungsmatrix ist eigentlich als Ausscheidungsgrund des Produkts anzusehen, was der Verfasser nachstehend kurz erläutert:

So scheidet das Produkt Parallels Virtuozzo Containers 4.0 als Betriebssystemvirtualisierer für den Beispielbetrieb deshalb aus, da es nur ein und dasselbe Betriebssystem(-version) in dem Fall Windows Server 2003 unterstützt, in der Spezifikation der Lösung (siehe Kapitel 3.7) aber mehrere/unterschiedliche

GastBetriebssysteme unterstützt werden müssen. Da das Augenmerk des Verfassers bei der Evaluierung der Virtualisierungsprodukte auch auf den Einsatz eines Produktes lag, d.h. es sollte im Endeffekt nicht zwei Hersteller-Produkte parallel zum Einsatz kommen, ist es z.B. auch nicht empfehlenswert dieses Produkt für alle zu virtualisierenden Windows Server einzusetzen. Das würde auch gar nicht funktionieren, da bereits auch verschiedene Windows Versionen (32-bit und 64-bit) eingesetzt werden, und in Zukunft auch nur mehr Windows 2008 bei einer Neuinstallation zum Einsatz kommen soll.

Ebenso scheidet VMware Server 2.0 unter Linux als Produkt für die Virtualisierungsplattform aus, da der Verfasser eigentlich keine Möglichkeit der Hochverfügbarkeit gefunden hat, die im produktiven Umfeld aber sehr wichtig ist.

Beide Produkte würden sich eventuell für Testumgebungen, besonders Virtuozzo im Windows-Umfeld durch seinen sehr sparsamen Umgang mit Ressourcen und der rekordverdächtigen Geschwindigkeit virtuelle Instanzen zu erzeugen, eignen.

Bei den KMU's zwei Virtualisierungsprodukte einzusetzen findet der Verfasser aber kontraproduktiv, da man somit auch 2 Produkte warten muss.

Die anderen Produkte schneiden für die Virtualisierungsplattform des Beispielbetriebs nicht so gut ab, da es entweder „in die Jahre gekommen“ und „nicht gerade berauschend“ (MS Virtual Server 2005R2; siehe Kapitel 4.1.1) ist. Die Nachfolger MS Windows Hyper-V Server 2008 oder Windows 2008 Server mit Hyper-V findet der Verfasser „noch nicht ganz ausgereift“ und VMwares ESX 3.5i „als kostenlose Einstiegsdroge zu betrachten“ bietet insgesamt doch weniger als die beiden obig genannten Lösungen.

### **5.4.2 Betrachtungen**

Die Vorteile der Virtualisierung sind unbestritten, wenn man das Gesamtsystem bzw. die Plattform dementsprechend ausreichend dimensioniert, die Thematik umfassend betrachtet und als solche behandelt. Wie erwähnt eignen sich aus Sicht des Verfassers der Citrix XenServer 5.0 und VMware's Infrastructure 3 mit ESX 3.5 sehr gut für eine komplette Virtualisierung beim Beispielbetrieb.

Bei KMU's mit ähnlichen Anforderungen sind diese beiden Produkte sicher auch sehr gut einsetzbar.

Da fällt dann die Entscheidung recht schwer und ist eventuell nur durch die „Kosten/Nutzen-Frage“ zu treffen:

Beide Produkte haben fast das selbe Nutzungspotential (VMware ESX3.5 bietet in der Verwaltung ein wenig mehr, ist auch schon länger am Markt), aber beim Kostenfaktor – im Speziellen bei den Anschaffungskosten, welchen man normalerweise keine zu große Bedeutung zukommen lassen dürfte – entscheiden sich die meisten Betriebe in

wirtschaftlich schlechten Zeiten für eine Lösung, die ca. 95% bietet (wenn man auf die 5% verzichten kann, was beim Beispielbetrieb der Fall ist), aber nur ein Drittel kostet (siehe Kapitel 4.2.3 und 4.3.1)!

Da der Citrix XenServer eine sehr gutes Preis-/Leistungsverhältnis aufweist, ist es viel leichter diesen auch in anderen KMU's einzusetzen, da die „Kostenhemmschwelle“ viel niedriger ist. Besonders wenn man anfangs die kostenlose Version einsetzt und erst später mit geringem Zeitaufwand per Lizenzschlüssel die HA-Funktionalität nachrüstet, kann man die Anfangs-Kosten gering halten.

Die Ersparnisse bei den Softwarekosten könnte man somit auch in bessere Hardware investieren: Ein besseres, performanteres Speichersystem (ev. eine zweites zur Redundanz) oder auch in eine gute Backup-Hardware (Bandwechsler, ausreichender Netzwerkspeicher, NAS) was sehr sinnvoll ist (siehe Kapitel 5.2.2).

Der Citrix XenServer ist technologisch gesehen das jüngere Produkt, hat noch viel Potential und eine gute Roadmap. Der Verfasser empfand ihn als sehr „runde“ Softwarelösung, die ideal auf KMU's zugeschnitten ist und mit einer soliden Hardwareplattform eine ausgezeichnete Virtualisierungslösung bietet.

### **Leistungsbetrachtungen:**

Diverse Auffassungen und Begründungen seitens der Herstellervertreter und in Fachgesprächen geführte Diskussionen [9] [93] über die „hochgelobten“ Leistungsdaten ihrer Bare-Metal Virtualisierungsprodukte konnte der Verfasser in den Leistungstests nicht so richtig nachvollziehen. Laut Testmessungen weisen die beiden Virtualisierungsprodukte sehr ähnliche Ergebnisse auf. Ein anderer „Testsatz“ (siehe Kapitel 5.1) würde sehr wahrscheinlich zu anderen Ergebnissen führen.

Auffallend waren die schwankenden Disk I/O-Werte beider Produkte, was aber ev. auch auf das ISCSI-Speichersystem (Openfiler) zurückzuführen ist. Der Netzwerkdurchsatz (Net-IO) war bei VMware ESX3.5 leicht höher als beim XenServer was eventuell ein Zeichen für die langjährigen Optimierungen sind, die in dieses Produkt bereits eingeflossen sind.

Wichtig in den Augen des Verfassers ist immer die Interpretation der Ergebnisse und vor allem eine Abklärung (mit dem Betriebsverantwortlichen) bevor man in den Echtbetrieb geht.

Diskrepanzen zwischen den Erwartungen des Unternehmens an die Lösung und dem verfügbaren Budget stellen ebenfalls eine Hürde dar und sollten schon im Vorfeld bestmöglich abgeklärt werden. Wenn das Budget sehr beschränkt ist oder der Betrieb nicht mehr Geld ausgeben will, dann reicht es halt beim zentralen Speichersystem nur für

ein iSCSI-Storage mit günstigen SATA-HDD's. Ein performanteres FC-SAN mit 15k SAS-HDD's wäre nicht nur aufgrund der geringeren Latenzzeiten (wichtig bei Datenbanken mit hohem IO-Bedarf), sondern auch durch die höhere MTBF der SAS-Diskens und die viel kürzeren Rebuild-Zeiten bei Ausfall einer Platte im RAID-Verbund die bessere Wahl. Was oft nicht beachtet wird, aber bei einem Ausfall einer Platte zum Tragen kommt, ist dass während des Rebuild-Vorgangs der je nach RAID und Plattengröße auch zig Stunden dauern kann, das Speichersystem nur mit eingeschränkter Leistung zu Verfügung steht. Wenn dann bei betriebskritischen Applikationen wie einem ERP-System dessen Datenbank auf dem Storage liegen und die Antwortzeiten einbrechen, ist der Jammer groß.

Bei einem vorgenommenen Vergleich zwischen dem Openfiler und einem kurzfristig zur Verfügung stehenden FC-SAN von Fujitsu (FibreCAT SX60 mit 5 Stk. 250GB SATA Platten) waren die Messdaten – wie vom Verfasser erwartet – nicht höher als zum iSCSI-SAN. Die Werte zu den Testmessungen sind im Anhang 11 ersichtlich.

Eine Erklärung für die geringen Disk I/O-Werte wäre, dass es sich bei dem FC-SAN um ein „Einstiegsmodell“ mit schwacher CPU (Intel Celeron 733 MHz) und auch nur SATA-Platten handelte. Damit hinkt der Vergleich natürlich gegenüber dem recht gut ausgestatteten Server für den Openfiler (siehe Kapitel 4.5). Ein besser ausgestattetes FC-SAN mit vielen 15.000rpm SAS-Diskens und schnellem Controller liefert sicher bessere Leistungswerte (z.B. Fujitsu FibreCAT SX100). [94]

Sehr gut ausgestattete FC-SAN's können auch eine große Anzahl von HDD's mit ihrer Backplane verwalten (über 100 Stk.) und bieten auch zusätzliche Features. Mit eigenen ASIC's zur RAID-6 Berechnung (2 mal XOR) ausgestattet liefern diese auch annähernd die gleiche Leistung wie bei RAID-5, mit dem Vorteil dass beim RAID-6 Level bis zu zwei Festplatten im jeweiligen Verbund ausfallen können ohne dass es zu einem Datenverlust kommt. Viele FC-SAN besitzen auch aktive/aktive („active/active“) Controller (2 Stk.) um einen Leistungseinbruch bei Ausfall eines Controllers zu vermeiden. [95]

Eine weitere Möglichkeit die FC-SAN's bieten ist das „Booten vom Fibre Channel“ (FC-Boot), d.h. in den Hosts (Servern) müssen keine lokalen Platten mehr zur Installation der Virtualisierungssoftware vorhanden sein. Das Virtualisierungsprodukt wird auf einem Volume am FC-SAN installiert und die Server (Hosts) booten nun über den FC-Host Bus Adapter (HBA) von diesen Volumes wie von lokalen Platten.

Diese Technik wird sehr oft bei Blade-Servern eingesetzt und ist dort prädestiniert für den hochintegrierten Einsatz der Blades in den Chassis, da die Blades meist sehr beschränkt auf den lokalen Festplattenplatz sind.

Die kompletten Daten liegen dann am SAN, wenn dieses aber ausfällt ist das fast mit einem Totalausfall gleichzusetzen.

Ein zweites (repliziertes) Speichersystem auf dem ebenfalls virtuelle Disken und Daten abgelegt werden, erhöht hier die Verfügbarkeit und verhindert einen klassischen „Single Point of Failure“. Wenn das Budget es zulässt ist deshalb ein zweites SAN sehr zu empfehlen. Es würde auch zu einer Lastverteilung kommen wenn die Hosts auf die beiden SAN's verteilt zugreifen. Insgesamt ist die ausreichend dimensionierte Verbindung zum zentralen Speicher sehr wichtig, da diese bei gleichzeitigem Zugriff vieler VM's schnell zum Nadelöhr werden kann.

#### **„Fallstricke, Stolpersteine“ bei einer Virtualisierung:**

Einen weiteren Punkt den man bei einer Virtualisierung beachten sollte, sind Software-Programme (z.B. Oracle-Datenbanken, SAP), bei denen es vom Software-Hersteller keinen Support (oder nur eingeschränkten Support) gibt, wenn man diese mit einem x-beliebigen Virtualisierungsprodukt in die virtuelle Welt migriert. Da muss dann unbedingt vorher mit dem Software-Hersteller abgeklärt werden, welche Virtualisierungsplattform oder -produkte von diesem unterstützt werden.

Ähnlich verhält sich das z.B. auch bei dem Validierungsprogramm von Microsoft „Server Virtualization Validation Program (SVVP)“. Dort sind Virtualisierungsprodukte gelistet die von Microsoft „abgesegnet“ wurden bei denen man den gleichen Support für ein virtualisiertes Windows-Server Betriebssystem von Microsoft erhält wie für ein „normal installiertes“. [96]

Wichtig sind auch – wie in der realen, nicht virtualisierten IT-Serverlandschaft – die Reaktionszeiten (seitens des Herstellers, Supports, etc.) bei einem Hardwaredefekt. Im Unterschied dazu würde sich im virtualisierten Umfeld ein Defekt des Hosts massiver auswirken, da ja mehrere VM's davon betroffen wären. Aber nur, wenn man keine Vorkehrungen trifft. Gerade deshalb sind HA-Funktionalitäten, wie sie die meisten Virtualisierungsprodukte, insbesondere der VMware ESX und der Citrix XenServer in ausgereifter und leicht bedienbarer Form bieten, so besonders wichtig.

Bei einer größeren Anzahl von Hosts (mindestens aber 2) mindern die HA-Funktionen das komplette Ausfallrisiko und bieten sogar einen Mehrwert. Da die VM's nicht mehr an einen Host gebunden sind, können Sie auf einem beliebig anderen Host gestartet werden. HA ermöglicht nicht nur bei einem unvorhergesehen Ausfall eines Hosts ein schnelles

Reagieren, sondern auch bei vorgesehenen Wartungsarbeiten kann das sehr nützlich sein.

Dazu werden alle VM's im Betrieb von einem zu wartenden Host (z.B. Speicheraufrüstung) auf einen anderen verschoben. Die Benutzer merken davon nichts, der Host wird heruntergefahren, gewartet und geht anschließend wieder in Betrieb.

### **„Kontra Virtualisierung“:**

Argumente die heutzutage gegen eine Virtualisierung sprechen existieren eigentlich nur sehr eingeschränkt.

Meist sind es Voraussetzungen, die die Virtualisierung von Servern prinzipiell verhindern.

- **USB-Geräte:**

Es ist nicht möglich alle USB-Geräte die an einem Server angesteckt sind in die jeweilige VM zu übernehmen. Besonders Security-Tokens (USB-Dongles), die auf Servern öfters vorzufinden sind, machen durch ihre umfangreiche USB-Protokoll Nutzung Probleme (Speichergeräte funktionieren meistens). Mit sogenannten „USB auf Netzwerk-Umsetzern“ ist es aber möglich weitere USB Geräte an diesen USB-IP-Konzentratoren zu betreiben. Die Kommunikation mit der VM erfolgt dann über das TCP/IP Protokoll. Isochrone USB Geräte wie USB-Audio, Webcams funktionieren nicht, sind aber an einem Server eigentlich auch nicht vorzufinden. [97]

- **PCI (ISA) Karten:**

Server, die diverse PCI- oder ältere ISA-Karten (z.B. ISDN-Karten, Fax/Modem-Karten, Messerfassungskarten, SCSI-Karten für Bandlaufwerke, etc.) enthalten, können nicht virtualisiert werden. Sehr eingeschränkt wäre das mit Xen möglich.

In einem größeren, gewachsenen Server-Umfeld wird man somit nicht alle Server virtualisieren können, bei einem Großteil ist es aber sicher möglich.

Wenn man all diese Punkte mit dem jeweiligen Betrieb vor einer Virtualisierung so vollständig wie möglich abklärt und gewissenhaft an die Sache herangeht, dann wird die Virtualisierungslösung auch „runder laufen“ und das Erfolgspotential ist insgesamt höher.

## 6 VIRTUALISIERUNGSLÖSUNG

In diesem Kapitel wird die geeignete Virtualisierungsgesamtlösung für den Beispielbetrieb vorschlagen. Diese kann auch als Basis für andere KMU's herangezogen werden. Es wird das passende Virtualisierungsprodukt vorgeschlagen, die empfohlene Hardwareausstattung der beteiligten Gerätschaften und der Aufbau (Topologie) werden erläutert.

### 6.1 Lösungsvorschlag

Basierend auf den Erkenntnissen der Produktevaluierung, den Spezifikationen, der Bewertungsmatrix und den allgemeinen Betrachtungen, ist im Fall des Beispielbetriebs der Citrix XenServer 5.0 als Softwarelösung zu empfehlen.

Die vorgeschlagene Topologie aller beteiligten Gerätschaften der neuen Gesamtvirtualisierungslösung für den Beispielbetrieb sieht wie folgt aus (siehe Abbildung 49):

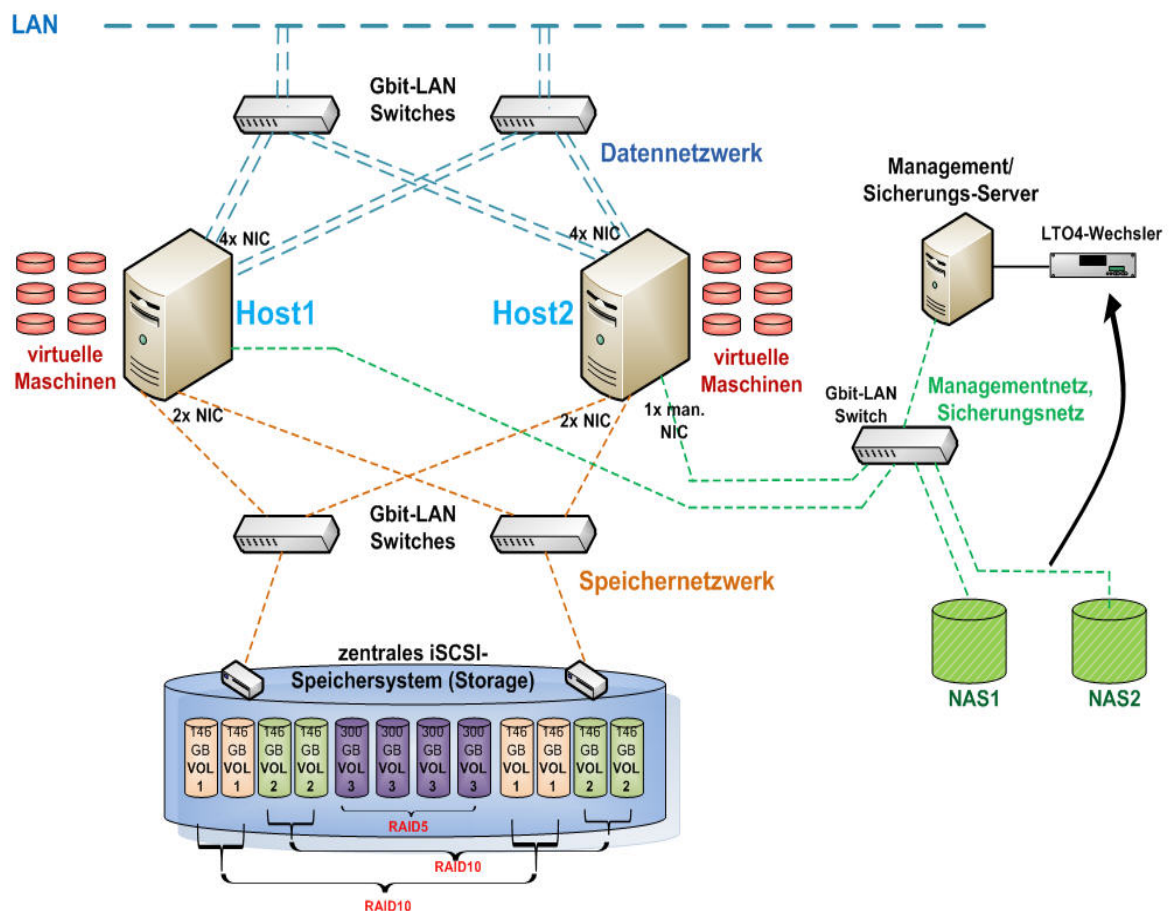


Abbildung 49: Empfohlene Topologie der Gesamtvirtualisierungslösung (Beispielbetrieb)

### Virtualisierungsprodukt:

Der Citrix XenServer bietet wie schon im Kapitel 5.4.2 betrachtet eine sehr gute Softwarelösung für eine umfassende Virtualisierung von KMU's mit einem guten Preis/Leistungsverhältnis. Mit diesem sind alle relevanten Aufgaben, die sich in Bezug auf Administration einer virtualisierten Serverlandschaft ergeben, sehr gut abzuwickeln.

Die zu empfehlenden Hardwarekomponenten für den Beispielkunden (siehe Abbildung 50) sind aus folgender Tabelle ersichtlich:

Empfohlene Hardware (Vorschlag)				
Anzahl	Produkt	min. Anforderungen/ Spezifikationen	Hinweise	Links
2	Rack-Server 2HE als Host	Intel QC Xeon X5355, 24GB RAM, min. 2x 73 GB 15k SAS hotplug HDD, Raidkontroller min. RAID1, 6x Gbit NIC, redundante hotplug Lüfter, Netzteile	sind vorhanden: FSC PRIMERGY RX300S3 <b>Aufrüstung pro Server</b> mit je 5 Stk. 4GB PC2-5300F ECC DIMM's 2 Stk. Intel Pro1000PT 82571EB Gbit Dual Server NIC PCIe 2xRJ45	
1	iSCSI - Speichersystem	Intel Xeon X54xx, 4GB RAM, min. 8x 146 GB 15k SAS, 4x 300GB 15k SAS hotplug HDD, Raidkontroller mit 512MB Cache und RAID5/6/10, 2x Gbit NIC, redundante hotplug Lüfter, Netzteile	<b>SW: Openfiler 2.3</b> <b>RAID-Sets:</b> 4x146GB RAID10 für VM 4x146GB RAID10 für Datenbank 4x300GB RAID5 für Nutzdaten z.B. transtec 3100M Storage Server 16x SAS/SATA, 4x 1 GbE	A
5	8 Port Gigabit-Switch	managementbarer 8 Port Gigabit- Switch, Link Aggregation Unterstützung	2x für LAN, 2x iSCSI-Netz, 1x Management-Netz z.B. CISCO SLM2008	B
1	Management-Sicherungs-Server	min. 2Ghz x86, min. 2GB RAM, min. 2x 250GB SATA, Ultra320 LVD-SCSI Adapter, redundante Lüfter, Netzteile	z.B. FSC PRIMERGY RX100S5 mit Windows 2003R2 Server u. dem Sicherungsprogramm Symantec Backup Exec mit Agenten	C
1	Bandwechsler (Tape Autoloader)	LTO4 Ultrium Bandwechsler, mit min 6. Schächten	z.B. Tandberg Data StorageLibrary T24	D
2	NAS	NAS, min. 1,5 TB Nettokapazität, RAID5, Gigabit-LAN	ist vorhanden: Cisco NSS6000	

A [http://www.transtec.de/D/D/products/Storage/unified\\_storage/Microsoft\\_NAS.html?mod=prod&name=NAS3100M-D&disp=main](http://www.transtec.de/D/D/products/Storage/unified_storage/Microsoft_NAS.html?mod=prod&name=NAS3100M-D&disp=main)

B [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps9994/ps9996/data\\_sheet\\_c78-500596.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps9994/ps9996/data_sheet_c78-500596.html)

C [http://www.fujitsu-siemens.com/products/standard\\_servers/rack/primergy\\_rx100s5.html](http://www.fujitsu-siemens.com/products/standard_servers/rack/primergy_rx100s5.html)

D <http://www.tandbergdata.com/emea/en/products/search-result?action=2&product=48&ref=166>

Abbildung 50: Empfohlene Hardwarekomponenten (Beispielbetrieb)

### Hardwareausstattung:

Als Hosts können die bereits zwei beim Beispielkunden vorhandene FSC RX300 Rack-Server (Nr. 5,6) dienen, die aber mit 5 Stk. 4GB RAM Modulen auf insgesamt 24 GB aufgerüstet werden. Zusätzlich werden diese noch mit 2 Stk. Dual-Port Gbit-Netzwerkkarten (4-Ports) auf insgesamt 6 Netzwerkports versehen (siehe Kapitel 3.4, 3.6).

Bei zukünftig erhöhter VM-Anzahl kann das Systemboard auch eine zweite CPU (XEON X5355) fassen.



Das zentrale Speichersystem bildet der Openfiler (siehe Kapitel 4.5.1) auf einem ausreichend dimensionierten 2 HE Rack-Server mit insgesamt 16 hotplug HDD-Schächten. Dieser enthält einen RAID-Kontroller mit 512MB Cache, 4GB RAM, eine schnelle CPU (XEON X54-Reihe), redundante Lüfter und Netzteile. Das Speichersystem hat 8 Stk. 146GB SAS-HDD's (15.000rpm), jeweils mit 4 Stk. HDD als 2 Stk. RAID10-Sets („stripping+ mirroring“) zur optimalen Performance konfiguriert (Nettokapazität je RAID10-Set: 292GB). Auf diesen beiden RAID-Sets sollen jeweils die virtuellen Disken der VM's und die Datenbank für das ERP abgelegt werden.

Weiters enthält der Server noch 4 Stk. 300GB SAS-HDD's (15.000rpm) als RAID5-Set konfiguriert (Nettokapazität ca. 900GB), auf dem die Nutzdaten (Office-Dateien, Zeichnungen etc.) des Betriebs liegen sollen.

Für den Management-Sicherungs-Server, der sowohl als Verwaltungsstation und Sicherungsserver mit angeschlossenem Bandwechsler (LTO4 mit 6 Schächten) eingesetzt wird, reicht eine mittelmäßige Hardwareausstattung (z.B. XEON E3110, 2GB RAM, 2Stk. 250GB SATA, redundante Lüfter, Netzteile) aus. Auf diesem wird das XenCenter zur Verwaltung beider XenServer Hosts installiert. Es läuft darauf auch das Sicherungsprogramm mit installierten Agenten in den VM's zur 2-stufigen Sicherung der Nutzdaten (zuerst auf beide NAS, dann auf das Band). Die VM's werden ebenfalls täglich per Skript (siehe Anhang 10, Kapitel 4.3.1) über diesen Server auf die NAS gesichert.

Man könnte den Verwaltungs/Sicherungsserver auch als virtuelle Maschine auf den Hosts laufen lassen, der Verfasser ist aber der Meinung, dass die Verwaltung und die Sicherung von einer physikalischen Maschine aus stattfinden soll. Sollten die Hosts abstürzen, erreicht man diese verwaltungstechnisch nicht mehr, weil ja die darauf befindliche VM dann nicht mehr laufen würde. Ebenfalls gestalten sich in diesem Fall etwaige Rücksicherungen als zeitaufwändiger und stressiger, da auch die VM für die Sicherung nicht mehr läuft.

### **Aufbau, Topologie:**

Beim Aufbau der Virtualisierungslösung sind folgende Empfehlungen festzuhalten:

Es empfiehlt sich beide Hosts über 2 Stk. Gbit-Switche kreuzweise mit je 2 gebündelten Netzwerkkarten (4 Ports) an das LAN anzubinden. Zwei weitere Netzwerkkarten bilden ebenfalls kreuzweise über 2 Stk. Gbit-Switche das Speichernetzwerk zum zentralen iSCSI-Speicher.

Über ein eigenes Management- bzw. Sicherungsnetz greift die Verwaltungsstation / Sicherungsserver auf die Hosts zu. Das dient einerseits dazu, eine höhere Verfügbarkeit der Verbindung über einen eigenen Switch auf die Server (Management- iRMC) zu

haben, andererseits zur Entlastung des produktiven LAN's von großen Datenmengen während der Backupzeiten.

Die Komponenten und Topologie der vorgeschlagenen Lösung sind auch auf andere (größere) Unternehmen anwendbar. Je höher die Anforderungen oder je größer der jeweilige Betrieb ist, desto stärker wird die Lösung auf Basis dieses Vorschlags erweitert bzw. mit leistungsfähigeren Komponenten ausgestattet [3] [4].

So ist die Lösung z.B. durch ein zweites FC-SAN und durch zusätzliche Hosts leicht erweiterbar (siehe Kapitel 5.4.2). Die Netzwerkkomponenten für das iSCSI-Speichernetzwerk werden durch FC-Komponenten ersetzt (2 FC-Switches, 2 FC-Hab's/Host), die FC-SAN sollen 2 Controller – die ihren (Cache-)Inhalt spiegeln – eingebaut haben.

Die Wege von den Hosts zu den zentralen Speichersystemen sind durch Multipathing auf mehreren Pfaden erreichbar. Oft werden die Speichersysteme und die Hosts dann auch räumlich voneinander getrennt, was per FC mit hoher Performance auch über weite Distanzen (bis 10km) funktioniert.

Die räumliche Trennung schafft nochmals eine erhöhte Verfügbarkeit bei einem Disaster (Brand, Wassereintritt, Erdbeben etc.), wenn die Daten auf zwei unterschiedlichen Orten liegen (siehe Abbildung 51).

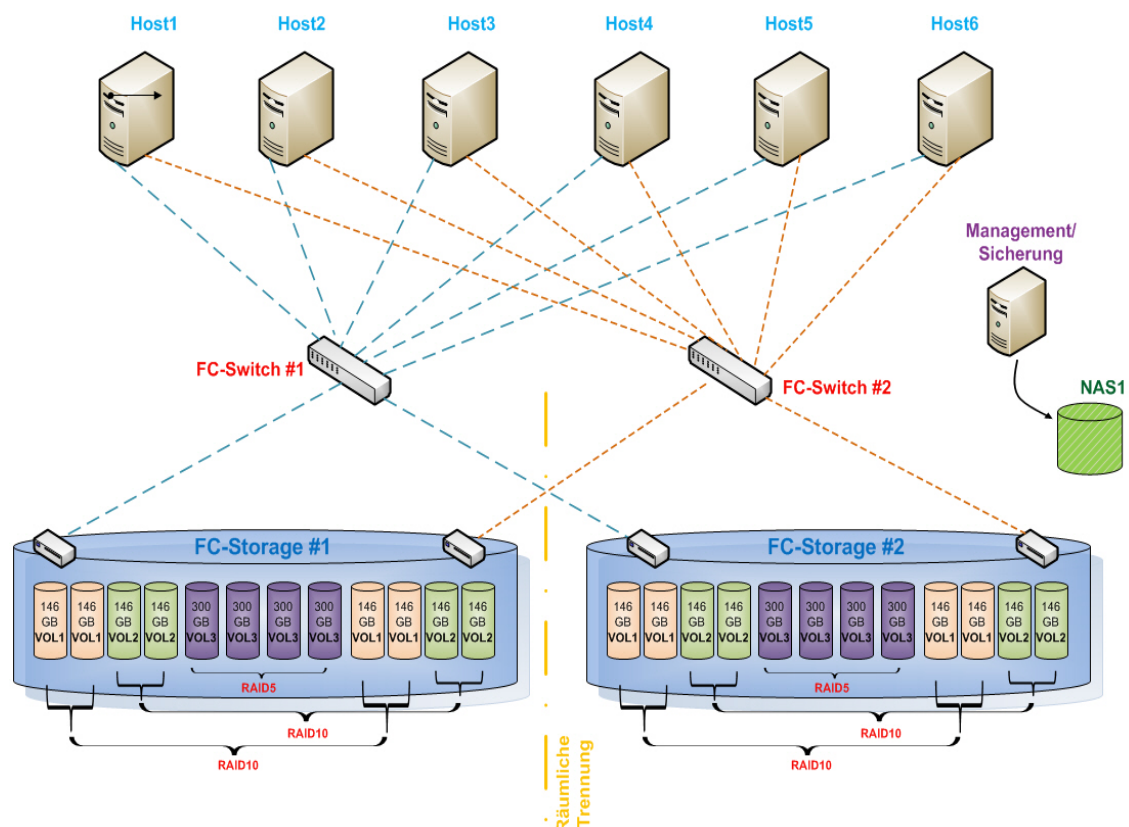


Abbildung 51: Erweiterungsmöglichkeiten der Virtualisierungslösung

Die Aufteilung der RAID-Sets bzw. der LUNs/Volumes auf den zentralen Speichern bedarf bei mehreren Hosts einer genaueren Überlegung, da diese gleich massive Auswirkungen in größeren Umgebungen aufweisen. Durch geschickte Verteilung der LUNs/Volumes auf dem FC-SAN's erhöht man die Leistung und Verfügbarkeit.

Das ist auch der Grund dafür, dass große Unternehmen schon Lösungen wie z.B. von VMware wie den vCenter Site Recovery Manager einsetzen. Dieser stellt eine Disaster-Recovery Lösung für Rechenzentren dar, um ein schnelles Hochfahren eines Backup-Standortes zu ermöglichen. Aber auch beim XenServer lässt sich wie schon in Kapitel 4.3.1 erwähnt, mittels „Portable Storage Repositories“ (Portable SR) ein zentraler Speicher in einer Disaster Recovery Site (DR-Site) auf anderen Hosts einbinden.

Dazu sollten auch geeignete Failover-Pläne existieren, die bei einem Disaster automatisch oder von den verantwortlichen Personen abgehandelt werden können.

Allgemein lässt sich sagen, dass die Lösung des Beispielkunden als breite Ausgangsbasis einer Virtualisierung sicher auch bei größeren Kunden einsetzbar und relativ einfach speziellen Anforderungen entsprechend erweiterbar ist.

## 6.2 Umsetzung der Virtualisierungslösung

Bei der Umsetzung des Lösungsvorschlags – wie schon kurz in Kapitel 3.4 erläutert – wäre folgender Ablauf der Umsetzung zu empfehlen:

- Der zentrale Speicher (Openfiler) wird konfiguriert (3 RAID-Sets, 3 LUN's; siehe Kapitel 4.5.1, 6.1, Abbildung 49).
- Der Management/Sicherungsserver wird eingerichtet (Sicherungssoftware, LTO4-Wechsler, XenCenter zur Verwaltung der XenServer-Hosts, etc.).
- Die beiden vorhandenen Server des Beispielkunden werden aufgerüstet (z.B. am Wochenende) (siehe Abbildung 50).
- Ein uneingeschränkter Betrieb des vorhandenen ERP-Systems an Wochentagen, welches auf diesen beiden Servern schon läuft, muss gewährleistet werden: Die ERP-Applikationen/Dienste beider Server werden dazu übergangsmäßig auf einem Server zusammengefasst (ERP-Applikationsserver (Nr.5) deinstallieren - auf dem ERP-Datenbankserver (Nr.6) dazu installieren, z.B. am Wochenende).

- Der freigewordene Server (Nr.6) wird als Host mit dem XenServer 5.0 virtualisiert (siehe Kapitel 4.3.1).
- Es werden 2 VM's (Windows 2003 x64 Standard) installiert, in denen jeweils die ERP-Applikation und der ERP-Datenbankserver laufen sollen.
- Jetzt kann der nicht mehr produktive zweite Server virtualisiert werden und als weiterer Host dem XenServer-Pool hinzugefügt werden. Die beiden bereits laufenden VM's werden wieder aus Performance- und Redundanzgründen auf beide Hosts verteilt (Live-Migration).
- Die physikalischen Server (Nr.1-4) werden dann schrittweise auf diese beiden Hosts als VM's virtualisiert und nach ihrem Lastverhalten aufgeteilt (siehe Kapitel 3.7).

#### **Migration/Konvertierung kontra Neuinstallation von VM's:**

Bei der Umsetzung einer Virtualisierung stellt sich allgemein, wie auch obig im letzten Punkt, immer die Frage, ob vorhandene Server (inkl. aller Applikationen) in virtuelle Maschinen migriert/konvertiert oder stattdessen eine Neuinstallation von VM's durchgeführt werden soll.

Beide Vorgehensweisen haben Vor- und Nachteile:

Eine Konvertierung geht zwar schnell, man schleppt aber auch „Ballast“ der sich über die Betriebsdauer des Servers „angesammelt“ hat (z.B. installierte nicht mehr benötigte Programme, unvollständige Deinstallationen, Windows Registrierungs-Reste, etc.) in die virtuelle Maschine mit.

Eine Migration/Konvertierung empfiehlt sich nur, wenn die Quellmaschine „sauber“ ist oder die Konfiguration der damaligen Installation einer, mehrerer darauf befindlicher (systemkritischen) Applikation/en nicht mehr nachvollziehbar ist/sind oder wenn Installationen nicht dokumentiert wurden. Eine Migration/Konvertierung wäre einer Neuinstallation vorzuziehen, wenn diese sehr (zeit)aufwändig wäre (z.B. MS Exchange Server). Wenn man eine Migration durchführt, dann soll diese aus Gründen der Konsistenz „offline“ erfolgen d.h. der Server der zu virtualisieren ist, wird per Boot-CD konvertiert.

Eine Neuinstallation der VM's empfiehlt sich, wenn man eine schlanke VM nur mit den darin benötigten Anwendungen anstrebt. So beeinflussen sich die Applikationen kaum/nicht und man erhält auch ohne Probleme dementsprechenden Support von einem pimpeligen Softwarehersteller (z.B. SAP).

Deshalb ist nach Meinung des Verfassers generell eine Neuinstallation von VM's anzuraten, wie sie auch beim Beispielkunden gewählt wird.

Die aus der Spezifikation empfohlene Aufteilung in 15 Stk. virtuelle Maschinen (siehe Abbildung 22, Kapitel 3.7) wäre sonst nicht möglich. Über Betriebssystemvorlagen ist die Inbetriebnahme neuer VM's dann recht schnell passiert und der Zeitvorteil einer Konvertierung fällt nicht mehr ins Gewicht.

Die bereits 2 Stk. vorhandenen VM's (VMware Server 1.04) können beim Beispielkunden mittels XenSource Virtual Disk Migration Utility oder Citrix XenConvert (siehe Kapitel 4.6.6 und 4.6.7) konvertiert und auf die XenServer übernommen werden, da diese nur eine relevante Applikation enthalten und recht „sauber“ sind.

Zum Schluss erfolgen die Implementation der Sicherungsstrategie und ausgiebige Testläufe (siehe Kapitel 5.2.2).

Eine Dokumentation der installierten VM's mit ihren Applikationen ist ebenfalls anzufertigen.

Zukünftige Dienste sollen nur mehr mit virtuellen Maschinen abgebildet werden

## 7 ZUSAMMENFASSUNG

Während der Arbeit an der Diplomarbeit, insbesondere bei der Evaluierung der zum Erstellungszeitpunkt relevanten Virtualisierungsprodukte, ist der Verfasser zur Erkenntnis gekommen, dass das Thema Virtualisierung mittlerweile sehr umfangreich ist.

Bald wird Virtualisierung in der IT ein integraler, nicht mehr wegzudenkender Teil und in den meisten Betrieben jeglicher Größe vorzufinden sein. Da es am Virtualisierungsmarkt sehr dynamisch zugeht, viele Hersteller auf diesen Zug aufspringen, stetig neue Versionen veröffentlichen, mit (neuen) Features werben und vor allem sich die Preispolitik sehr rasch ändert, kann die vorgenommene Produktevaluierung und Betrachtung nur eine Momentaufnahme abbilden.

Nichtsdestotrotz ist der Verfasser der Meinung, das gerade durch einen strukturierten Ablauf im Vorgehen, speziell durch Ist-Analysen und Bestandsaufnahmen/Kapazitätsplanung, Kundenbefragung und gute Kenntnisse der Virtualisierungsprodukte die größten Fehler bei der Konzeptionierung vermieden werden können und Vorteile der Virtualisierung optimal zum Tragen kommt.

Etwaige Nachteile einer Virtualisierung sind dann im Idealfall vernachlässigbar.

Aus Sicht des Verfassers werden in den KMU's vor allem „die einfache Verwaltung“ und „die Gesamtkosten der Implementierung einer adäquaten Lösung“ in wirtschaftlich schwierigen Zeiten ausschlaggebend für den Einsatz von Virtualisierung sein. Eine Gesamtlösung mit einem Virtualisierungsprodukt, das einen guten Kosten/Nutzen-Faktor aufweist, wird eher zum Einsatz kommen, sich schneller amortisieren und schon bald nicht mehr wegzudenken sein. Auch richtige Dimensionierung der Hardware-Plattform, je nach Betriebsgröße und Anforderungen, ist ein weiterer integraler Bestandteil der Planung, der unbedingt mit dem Budget in Einklang zu bringen ist, wobei sich hier der zu sparsame Umgang schnell in einen Nachteil umwandeln kann (siehe Kapitel 5.4.2).

Durch richtige Planung erhöht sich nicht nur die Verfügbarkeit sondern in weiterer Folge auch die Wertschätzung des Betriebs an seiner IT-Landschaft, die ja als oberste Prämisse so klaglos und unauffällig wie möglich ihren Dienst verrichten soll.

Aus den Erkenntnissen seiner Diplomarbeit strebt der Verfasser den Einsatz einer Gesamtvirtualisierungslösung bei dem Beispielbetrieb an. Dabei wird versucht die Implementierung möglichst ohne Betriebsunterbrechungen durchzuführen und daraus resultierende Vorzüge durch Einschulung der verantwortlichen internen Personen des Unternehmens zu vermitteln.

## 7.1 Trends, Ausblicke

### Energieberechnungen:

Künftig wird es immer wichtiger werden, den Energiebedarf bzw. das Energieersparnis einer virtualisierten Umgebung einem nicht virtualisierten Umfeld gegenüber zu stellen, worauf in den Zielsetzungen (siehe Kapitel 1.4) hingewiesen wurde.

Energieverbrauchsdaten wären für eine Betriebsdauer von z.B. 3 Jahren zu berechnen. Der Verfasser konnte nur den derzeitigen Energiebedarf des Beispielskunden messen (siehe Anhang 1).

Nach einer Umsetzung könnte der Strombedarf neuerlich gemessen und daraus die effektiven Energieersparnisse (Strom, Klima) über den Betriebszeitraum berechnet werden. Vor einer tatsächlichen Umsetzung kann das Energieeinsparungspotenzial nur abgeschätzt werden (Datenblätter). Ein weit wichtigerer Aspekt ist jedoch, wieviele physikalische Server in den kommenden Jahren in einem Unternehmen zusätzlich angeschafft werden müssten, wenn keine Virtualisierungsplattform vorhanden ist. Virtualisierte Maschinen würden stattdessen deren Aufgaben erfüllen. Gerade hier herrscht nach Meinung des Verfassers ein sehr großes Energieeinsparungspotenzial. Abhängig von der Gesamtanzahl eingesetzter Server kann sich eine Virtualisierung in Bezug auf die Energiebilanz bereits nach kurzer Zeit amortisieren; d.h. investierte Kosten der Implementation einer Virtualisierung „rechnen sich“ innerhalb kürzester Zeit (ROI). [4]

Dieser Amortisierungsansatz wird in vielen KMU's leider noch zu selten angedacht, hier gibt es nach Meinung des Verfassers gegenüber größeren Unternehmen noch Nachholbedarf.

Auf folgende zukünftige Entwicklungen bzw. Trends kann der Verfasser leider nur kurz eingehen:

### Desktop Virtualisierung (VDI - Virtual Desktop Infrastructure)

Bei der Desktop Virtualisierung werden Desktopsysteme (z.B. Windows XP, Vista, Linux) virtualisiert, die dann zentral als virtuelle Maschinen auf entsprechenden Hosts laufen. Dabei wird meist von Thin-Clients per RDP (oder ICA-Protokoll) auf diese zugegriffen. Somit hat jeder Benutzer seine komplett eigene virtuelle Maschine (im Gegensatz zu den klassischen Terminalserverumgebungen), mit der er "anstellen" kann was er will. Ein sogenannter „Connection Broker“ (Vermittler) stellt die Verbindung zu dem virtuellen Desktop des Benutzers her. Für rechenintensive Anwendungen (CAD, CAM) können diese VM's auch auf dezidiert Hardware sogenannten „Host-Blades“ laufen.

Produkte: Citrix XenDesktop 3.0 [98], VMware View 3.0 [99]

**Open Virtualization Format (OVF)**

In Zukunft sollte dieses Format der virtuellen Disken der VM's in den meisten Virtualisierungs-Produkten unterstützt werden. Somit ist ein einfacher Transport/Migration von einer Virtualisierungsplattform auf eine andere möglich. [100]

**KVM (Kernel Based Virtual Machine)**

KVM ist ein Open Source Virtualisierungsprojekt, das von RedHat unterstützt wird und bei dem der Hypervisor aus zwei ladbaren Kernelmodulen besteht, die ab Version 2.6.20 Teil des Kernel-Source sind. KVM ist somit für jede aktuelle Linux-Distribution erhältlich und wird nach Meinung des Verfassers an Bedeutung gewinnen. Es wird eine CPU mit VT/AMD-V Funktion benötigt und die gängigen Betriebssysteme werden als Gast unterstützt. [101]

**Bare-Metal Client-Hypervisor (ohne Host-Betriebssystem)**

Ist ein von VMware und Citrix mit Intel geplanter Hypervisor für Desktops und Notebooks, welcher direkt auf Intels Core2 und Centrino2 vPro Technologie aufsetzt. Citrix's Projekt „Independence“ (XenClient) stellt ein eigenes zentral verwaltetes „Firmen-Image“ in einer sicheren, isolierten VM am Client zur Verfügung. Dieses ist nicht veränderbar (z.B. für Firmennotebooks der Außendienstmitarbeiter). Daneben existiert eine eigene „private virtuelle Maschine“, in der der Benutzer alles verändern kann (z.B. Software installieren) und zu der mittels „Hotkey“ umgeschaltet wird. Es gibt erweiterten USB-, Wifi-, Grafik-PassThrough Unterstützung und einen schnellen Boot-Vorgang. [102]



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Thematik Virtualisierung (Platespin) [32] .....	7
Abbildung 2: Nutzen / Vorteile der Virtualisierung .....	9
Abbildung 3: Ungleichmässige Verteilung von Ressourcen und Workload (Platespin) [32].....	10
Abbildung 4: Virtualisierungslayer stellt virtuelle Hardware bereit [12] .....	17
Abbildung 5: Der Scheduler weist Prozessen abwechselnd Zeitscheiben (Timeslices) zu [8].....	19
Abbildung 6: Prioritäten von Programmen anhand einer Ringstruktur im Protected Mode [12].....	22
Abbildung 7: Kritische Instruktionen („halt“) werden durch unkritische („safe halt“) ersetzt (Citrix) [93] .....	23
Abbildung 8: Neuer Non-Root Mode für Guests durch CPU-Erweiterung (VT u. SVM) [8] .....	24
Abbildung 9: Schematische Darstellung Host-Based Systemvirtualisierung (VMware) [4] .....	26
Abbildung 10: Schematische Darstellung Vollvirtualisierung (VMware) [4] .....	26
Abbildung 11: Schematische Darstellung Paravirtualisierung (bei Xen) [65].....	28
Abbildung 12: Schematische Darstellung Betriebssystemvirtualisierung .....	29
Abbildung 13: RAID-Level.....	31
Abbildung 14: Ablauf zur Ermittlung von geeigneten Virtualisierungslösungen in KMU's .....	35
Abbildung 15: Übersicht der Dienste auf den Servern (Beispielbetrieb).....	37
Abbildung 16: Inventarisierung per LOGINventory der Server (Beispielbetrieb) .....	38
Abbildung 17: Prozessübersicht mit MS Process Explorer der Server (Beispielbetrieb) ..	38
Abbildung 18: Übersicht mit The Dude Network Monitor 3.0b7 (Beispielbetrieb) .....	39
Abbildung 19: Überwachung mit dem Performance Monitor (Beispielbetrieb) .....	39
Abbildung 20: Prioritätsverteilung des Betriebs an die Lösungskriterien (Beispielbetrieb)	42
Abbildung 21: Kapazitätsplanung mittels Platespin PowerRecon [32] (Beispielbetrieb)...	44
Abbildung 22: Übersicht der empfohlenen Aufteilung in virtuelle Maschinen (Beispielbetrieb) .....	48
Abbildung 23: BIOS Einstellungen für Virtualisierung (Beispielbetrieb).....	50
Abbildung 24: iRMC Bildschirmausgaben-Umleitung (Advanced Video Redirection) (Beispielbetrieb) .....	51
Abbildung 25: Host-Based Virtualisierung (Bsp. MS Virtual Server) [44].....	52
Abbildung 26: Microsoft Virtual Server 2005R2 SP1 Verwaltungswebseite (Beispielbetrieb) .....	54
Abbildung 27: MS Hyper-V Architektur [44] .....	56
Abbildung 28: MS Hyper-V-Manager (Beispielbetrieb) .....	57

Abbildung 29: MS System Center Virtual Machine Manager 2008 (MSCVMM) (Beispielbetrieb) .....	58
Abbildung 30: VMware 2.0 Server (Beispielbetrieb) .....	61
Abbildung 31: VMware ESXi 3.5 Architektur [54].....	64
Abbildung 32: ESXi 3.5 Verwaltung mit Virtual Infrastruktur Client (Beispielbetrieb).....	65
Abbildung 33: VMware ESX 3.5 Architektur [4] .....	68
Abbildung 34: ESX 3.5U3 Verwaltung mit Virtual Infrastruktur Client (Beispielbetrieb)....	71
Abbildung 35: Citrix Xenserver Architektur [93] .....	74
Abbildung 36: Citrix Xenserver Verwaltung (Beispielbetrieb) .....	77
Abbildung 37: Parallels Virtuozzo Containers Architektur [75].....	81
Abbildung 38: Parallels Virtuozzo Containers Verwaltung (Beispielbetrieb).....	82
Abbildung 39: Speichervirtualisierung (Storagevirtualisierung) .....	84
Abbildung 40: Openfiler Architektur [76] .....	85
Abbildung 41: Openfiler Web-Aministration (Beispielbetrieb) .....	86
Abbildung 42: Openfiler Volume Verwaltung (Beispielbetrieb) .....	87
Abbildung 43: Platespin PowerConvert (Migration in alle Richtungen) [9].....	89
Abbildung 44: Vizioncore vConverter (Beispielbetrieb).....	90
Abbildung 45: Acronis TruelImage Echo Server (Beispielbetrieb).....	91
Abbildung 46: VMware vCenter Converter (Beispielbetrieb) .....	92
Abbildung 47: Ablauf zur Findung einer geeigneten Sicherungsart.....	96
Abbildung 48: Bewertungsmatrix der Produkte anhand der Kriterien, Prioritäten (Beispielbetrieb) .....	100
Abbildung 49: Empfohlene Topologie der Gesamtvirtualisierungslösung (Beispielbetrieb) .....	107
Abbildung 50: Empfohlene Hardwarekomponenten (Beispielbetrieb) .....	108
Abbildung 51: Erweiterungsmöglichkeiten der Virtualisierungslösung.....	110

---

## Abkürzungen

API:	Application Programming Interface
ARP:	Address Resolution Protocol
ASIC:	Application Specific Integrated Circuit
BIOS:	Basic Input Output System
CIFS:	Common Internet File System
CPU:	Central Processing Unit
DHCP:	Dynamic Host Configuration Protocol
DNS:	Domain Name System
ERP:	Enterprise Resource Planning
eSATA:	External Serial ATA
FC:	Fibre Channel
FcoE:	Fibre Channel over Ethernet
FTP:	File Transfer Protocol
GPL:	General Public License
Guest:	Gastsystem - welches abgekapselt in einer virtuellen Maschine auf dem Wirt (Host) läuft
HA:	High Availability, Hochverfügbarkeit
HBA:	Host Bus Adapter
HDD:	Hard Disk Drive
Host:	Wirtssystem - realer Rechner auf dem die Virtualisierungslösung läuft
HVM:	Hardware Virtual Machine (bei Xen: Virtuelle Maschine mit nicht-modifizierten Betriebssystem)
I2V:	image to virtual (von einem Image nach virtuell)
I/OAT:	Intel I/O Acceleration Technology
IPMI:	Intelligent Platform Management Interface
iRMC:	integrated Remote Management Controller
iSCSI:	internet Small Computer System Interface
KMU:	Kleine und Mittlere Unternehmen
LAN:	Local Area Network
LUN:	Logical Unit Number
MMU:	Memory Management Unit
MB:	Megabyte
MTBF:	Mean Time Between Failures
NAS:	Network Attached Storage
NFS:	Network File System

---

NIC:	Network Interface Card
NTFS:	New Technology File System
OVF:	Open Virtualization Format
P2V:	physical to virtual (von physisch in virtuell)
RAM:	Random Access Memory
RAID:	Redundant Array of Independent Disks
SAS:	Serial Attached SCSI
SAN:	Storage Area Network
SATA:	Serial ATA (Advanced Technology Attachment)
SCSI:	Small Computer System Interface
SDK:	Software Development Kit
SLA:	Service Level Agreement
SMB:	Server Message Block
SMS:	Short Messages Service
SNMP:	Simple Network Management Protocol
SPEC:	Standard Performance Evaluation Corporation
SSH:	Secure Shell
SVM:	AMD Secure Virtual Machine
TCO:	Total Cost of Ownership
USV:	Unterbrechungsfreie Strom Versorgung
V2I:	virtual to image (von virtuell in ein Image)
V2P:	virtual to physical (von virtuell in physisch)
V2V:	virtual to virtual (von virtuell nach virtuell)
VE:	Virtual Enviroment
VDI:	Virtual Desktop Infrastructure
VLAN:	Virtual Local Area Network
VM:	Virtuelle Maschine
VM`s:	Virtual Machines (Virtuelle Maschinen)
VMCS:	Virtual Machine Control Structure
VMM:	Virtual Machine Monitor
VNC:	Virtual Network Computing
VT:	Intel Virtualization Technology
WMI:	Windows Management Instrumentation
Workload:	Auslastung, Arbeitslast des Systems

---

## Literaturverzeichnis

- [1] Gartner Analyst Report, RAS Core Research Note G00143973, 2006  
[http://www.swsoft.com/r/pdfs/vz/gartner\\_analyst\\_report.pdf](http://www.swsoft.com/r/pdfs/vz/gartner_analyst_report.pdf)  
Datum: 2007-09-30
  
- [2] Heise Newsticker  
URL: [www.heise.de/newsticker/meldung/95756](http://www.heise.de/newsticker/meldung/95756)  
Datum: 2007-09-30
  
- [3] Heigl Mario, MAGNA Powertrain  
Fachgespräch: Vmware Serverlandschaft - Fragenkatalog  
Lannach 2007-04-19
  
- [4] Magirus Austria GesmbH: Vmware Forum 2007  
Seminar: Collosseum 21  
Wien 2007-05-22
  
- [5] Wirtschaftskammern Österreich: Definition von Klein- und Mittelbetrieben, 01/2005  
<http://wko.at/Statistik/kmu/def.htm>  
Datum: 2007-09-30
  
- [6] Virtualisierungs-Herausforderungen  
URL: [www.virtualization.info/challenges/](http://www.virtualization.info/challenges/)  
Datum: 2007-09-30
  
- [7] Siering Peter, Realitätsverschiebung – Virtualisierungstechniken im Vergleich  
c't - magazin für computer und technik, Nr. 13/2006 S. 182  
Heise Zeitschriften Verlag GmbH & Co.KG, Hannover
  
- [8] Thorns Fabian (Hrsg.): Das Virtualisierungs-Buch  
Computer & Literatur Verlag GmbH, 1. Auflage 2007  
ISBN: 978-3-936546-43-9
  
- [9] Magirus Austria GesmbH: Herstellerunabhängiges PROFI Virtualisierungs-Seminar  
Seminar: AVENUM Technologie GmbH  
Wien 2007-03-16

- 
- [10] Heise Newsticker  
<http://www.heise.de/newsticker/meldung/95991>  
Datum: 2007-09-30
- [11] Österreichische IT-Sicherheitshandbuch v2.2 Teil 2, Bundeskanzleramt Österreich  
[http://www.cio.gv.at/securenetworks/sihb/OE-IT-SIHB\\_V2\\_2\\_Teil2\\_mit\\_Anhang\\_C.pdf](http://www.cio.gv.at/securenetworks/sihb/OE-IT-SIHB_V2_2_Teil2_mit_Anhang_C.pdf)  
Datum: 2007-10-07
- [12] Ahnert Sven: Virtuelle Maschinen mit Vmware und Microsoft  
Addison-Wesley, 2008, 2., aktualisierte Auflage  
ISBN: 978-3-8273-2535-8
- [13] Popek Gerald J., Goldberg Robert P.:  
Formal requirements for virtualizable third generation architectures,  
Communications of the ACM  
Volume 17 (July 1974), Pages: 412-421  
<http://delivery.acm.org/10.1145/370000/361073/p412-popek.pdf?key1=361073&key2=4982510711&coll=GUIDE&dl=.acm&CFID=15151515&CFTOKEN=6184618>  
Datum: 2007-10-18
- [14] Robin John Scott, Irvine Cynthia E.:  
Analysis of the Intel Pentium's Ability to Support a Secure Virtual Machine Monitor  
USENIX Association, 9<sup>th</sup> USENIX Security Symposium, Denver-Colorado, August 2000  
[http://www.usenix.org/events/sec2000/full\\_papers/robin/robin.pdf](http://www.usenix.org/events/sec2000/full_papers/robin/robin.pdf)  
Datum: 2007-10-18
- [15] Vmware Inc.  
<http://www.vmware.com>  
Datum: 2007-10-21
- [16] Vmware Patent (U.S. Patent 6,397,242), vom Feb. 2002  
<http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?patentnumber=6397242>  
Datum: 2007-10-21

- 
- [17] Adams K., Agesen O.:  
A Comparison of Software and Hardware Techniques for x86Virtualization  
October 2006, San Jose, California, USA.  
[http://www.vmware.com/pdf/asplos235\\_adams.pdf](http://www.vmware.com/pdf/asplos235_adams.pdf)  
Datum: 2007-10-21
- [18] Intel ® Virtualization Technology (VT)  
<http://www.intel.com/technology/platform-technology/virtualization/index.htm>  
Datum: 2007-11-01
- [19] Intel ® Technology Journal, Volume 10, Issue3  
Published, August 10, 2006 ISSN: 1535-864x  
<http://www.intel.com/technology/itj/2006/v10i3/index.htm>  
Datum: 2008-18-01
- [20] Intel ® Virtualization Technology Processor Virtualization Extensions and Intel ®  
execution Technology  
<http://softwarecommunity.intel.com/isn/downloads/virtualization.pdf>  
Datum: 2008-01-018
- [21] AMD`s Virtualization Solution  
<http://enterprise.amd.com/us-en/AMD-Business/Business-Solutions/Consolidation/Virtualization.aspx>  
Datum: 2007-11-01
- [22] Storage Basics – Eine Einführung in die Grundlagen der Speichertechnologie  
Fujitsu Siemens Computers GmbH, München, Deutschland  
ZAZAmedia, 2009
- [23] Fibre Channel  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Fibre\\_Channel](http://de.wikipedia.org/wiki/Fibre_Channel)  
Datum: 2008-10-28
- [24] Josef Binder Maschinenbau u. Handelsges.m.b.H  
<http://www.binder-gmbh.at>  
Datum: 2008-09-26

- 
- [25] LOGINventory  
<http://www.loginventory.com/deu/>  
Datum: 2008-09-26
- [26] MS Process Explorer  
<http://technet.microsoft.com/en-us/sysinternals/bb896653.aspx>  
Datum: 2008-09-26
- [27] WhatsUpGold  
<http://www.whatsupgold.com/>  
Datum: 2008-09-26
- [28] Managengine OpManager  
<http://manageengine.adventnet.com/products/opmanager/>  
Datum: 2008-09-26
- [29] The Dude Network Monitor  
<http://www.mikrotik.com/thedude.php>  
[http://wiki.mikrotik.com/wiki/MikroTik\\_Dude](http://wiki.mikrotik.com/wiki/MikroTik_Dude)  
Datum: 2008-09-26
- [30] Windows System Monitor, System Performance Counter (Perfmon)  
<http://www.computerperformance.co.uk/HealthCheck/index.htm>  
<http://www.mcseboard.de/windows-forum-lan-wan-32/festplatten-auslasung-messen-79911.html>  
Datum: 2008-09-26
- [31] VMware Capacity Planner  
[http://www.vmware.com/products/capacity\\_planner](http://www.vmware.com/products/capacity_planner)  
Datum: 2008-09-30
- [32] Platespin PowerRecon (Inventory Edition)  
<http://www.platespin.com/products/powerrecon>  
Datum: 2008-09-30
- [33] Intel Xeon Processor X5355  
<http://processorfinder.intel.com/details.aspx?sSpec=SL9YM>  
Datum: 2008-09-30



- 
- [34] Intel I/O Acceleration Technology (I/OAT)  
<http://www.intel.com/technology/ioacceleration/index.htm>  
Datum: 2008-10-07
- [35] iRMC – integrated Remote Management Controller  
<http://manuals.fujitsu-siemens.com/serverbooks/content/manuals/deutsch/irmc-de.pdf>  
Datum: 2008-10-07
- [36] Microsoft Virtual Server 2005 R2  
<http://www.microsoft.com/germany/virtualserver/default.mspx>  
Datum: 2008-10-07
- [37] Windows 2003 Server Editionenvergleich  
<http://www.microsoft.com/germany/windowsserver2003/editionen/default.mspx>  
Datum: 2008-10-07
- [38] Microsoft Machine Additions for Linux  
<http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?familyid=bf12642f-77dc-4d45-ae4e-e1b05e0a2674&displaylang=en>  
Datum: 2008-10-07
- [39] VNC – TightVNC  
<http://www.tightvnc.com/>  
Datum: 2008-10-10
- [40] ISO Recorder  
<http://isorecorder.alexfeinman.com/isorecorder.htm>  
Datum: 2008-10-10
- [41] Shutdown Skript für Gast-Betriebssysteme auf MS Virtual Server 2005  
<http://www.microsoft.com/technet/Skriptcenter/Skripts/vs/admin/vsadvb27.mspx>  
Datum: 2008-10-09
- [42] Debian Paket „Shutdown At Night“  
<http://packages.debian.org/unstable/misc/shutdown-at-night>  
Datum: 2008-10-09

- 
- [43] Microsoft Hyper-V Server 2008  
<http://www.microsoft.com/servers/hyper-v-server/overview.mspx>  
Datum: 2008-10-07
- [44] Microsoft Windows 2008 Kernel Changes  
<http://technet.microsoft.com/en-us/magazine/cc194386.aspx>  
Datum: 2008-10-28
- [45] Morimoto Rand, Guillet Jeff: Windows Server 2008 Hyper-V Unleashed  
SAMS Publishing, 2009  
ISBN: 978-0-672-33028-5
- [46] CoreConfigurator  
<http://www.netometer.com/video/tutorials/2008-server-core-dcpromo-coreconfigurator/index.php>  
Datum: 2008-10-28
- [47] Microsoft iSCSI User Guide  
<http://download.microsoft.com/download/a/e/9/ae91dea1-66d9-417c-ade4-92d824b871af/uguide.doc>  
Datum: 2009-01-30
- [48] Microsoft Systemcenter Virtual Machine Manager  
<http://www.microsoft.com/systemcenter/virtualmachinemanager/en/us/default.aspx>  
Datum: 2009-01-30
- [49] Hyper-V Update for Windows Server 2008 (KB950050)  
<http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?FamilyId=6F69D661-5B91-4E5E-A6C0-210E629E1C42&displaylang=en>  
Datum: 2009-01-30
- [50] VMware 2.0 Server  
<https://www.vmware.com/freedownload/login.php?product=server20>  
Datum: 2009-02-01
- [51] Debian 4.0r06 (Etch)  
[http://cdimage.debian.org/debian-cd/4.0\\_r6/amd64/iso-cd/](http://cdimage.debian.org/debian-cd/4.0_r6/amd64/iso-cd/)  
Datum: 2009-02-01

- 
- [52] Putty  
<http://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/download.html>  
Datum: 2009-02-01
- [53] WinSCP  
<http://winscp.net/eng/docs/lang:de>  
Datum: 2009-02-01
- [54] VMware ESXi  
<http://www.vmware.com/de/products/vi/esx/esx3i.html>  
Datum: 2009-02-22
- [55] VMware Hardware Compatibility List (HCL)  
<http://www.vmware.com/resources/compatibility/search.php>  
Datum: 2009-02-25
- [56] VMware Remote Command Line Interface Tools 3.5  
<http://www.vmware.com/download/download.do?downloadGroup=VI-RCLI-U2>  
Datum: 2009-02-22
- [57] VMware Virtual Infrastructure Editionen im Überblick  
[http://www.vmware.com/products/vi/esx/esx\\_buy.html](http://www.vmware.com/products/vi/esx/esx_buy.html)  
Datum: 2009-02-25
- [58] VMware ESX 3.5 60Tage Testversion  
<https://www.vmware.com/tryvmware/?p=vi3&lp=1>  
Datum: 2009-02-25
- [59] Zimmer Dennis: VMware ESX  
Galileo Press, Bonn, 1.Auflage 2007  
ISBN: 978-3-8362-1084-3
- [60] VMBK 3.0Rev11  
<http://www.vmts.net/vmbk3.htm>  
Datum: 2009-03-02

- 
- [61] VMware Consolidated Backup (VCB)  
[http://www.vmware.com/products/vi/consolidated\\_backup.html](http://www.vmware.com/products/vi/consolidated_backup.html)  
Datum: 2009-03-02
- [62] Vizioncore VRanger Pro 3.2.8.1  
<http://www.vizioncore.com/products/vRangerPro/>  
Datum: 2009-03-02
- [63] PHD esXpress 3.1  
<http://www.esxpress.com/>  
Datum: 2009-03-02
- [64] Sprang Henning, Benk Timo, Zdrzalek Jaroslaw, Dehner Ralph:  
Xen - Virtualisierung unter Linux  
Open Source Press, München, 2007  
ISBN: 978-3-937514-29-1
- [65] Xen.org  
<http://www.xen.org/>  
Datum: 2009-03-06
- [66] Virtual Iron  
<http://www.virtualiron.com/>  
Datum: 2009-03-06
- [67] Oracle VM  
<http://www.oracle.com/technologies/virtualization/index.html>  
Datum: 2009-03-06
- [68] Sun xVM Server  
<http://www.sun.com/software/products/xvm/index.jsp>  
Datum: 2009-03-06
- [69] Datalog Software Virtualisierungsumfrage 2009  
[http://pz.vibrio.de/k/Datalog/h/bg/bg\\_datalog\\_virtualisierungsumfrage\\_final.pdf](http://pz.vibrio.de/k/Datalog/h/bg/bg_datalog_virtualisierungsumfrage_final.pdf)  
Datum: 2009-03-06

- 
- [70] XenServer Editionen Vergleich  
<http://www.citrix.com/English/ps2/products/subfeature.asp?contentID=1680964>  
Datum: 2009-02-27
- [71] Openfiler Forum: ISCSI and XEN Server Storage Repository issue  
<https://forums.openfiler.com/viewtopic.php?id=2280>  
Datum: 2009-03-13
- [72] SteelEye Protection Suite for Citrix XenServer  
<http://www.steeleye.com/products/virtual/xenserver.php>  
Datum: 2009-03-13
- [73] Xen Roadmap  
<http://wiki.xensource.com/xenwiki/XenRoadMap>  
Datum: 2009-03-13
- [74] Radonic Andrej, Meyer Frank, Halinka Thomas:  
XEN 3.2 - aufsetzen, konfigurieren, betreiben  
Franzis Verlag GmbH, Poing, 2008  
ISBN: 978-3-7723-7247-6
- [75] Parallels Virtuozzo Containers 4.0  
<http://www.parallels.com/de/download/virtuozzo4/win/>  
Datum: 2009-03-15
- [76] Openfiler 2.3  
<http://www.openfiler.com/>  
Datum: 2008-12-11
- [77] Datacore SANmelody  
<http://germany.datacore.com/>  
Datum: 2009-03-16
- [78] Nexenta Nexentastor  
<http://www.nexenta.com/corp/?gclid=CJq-u7CTjpYCFQS-ugodJy8kFQ>  
Datum: 2009-03-16

- 
- [79] Opensolaris ZFS  
<http://opensolaris.org/os/community/zfs/whatis/>  
Datum: 2009-03-16
- [80] Falconstor Network Storage Server (NSS)  
<http://www.falconstor.com/en/pages/?pn=NSS>  
Datum: 2009-03-16
- [81] Platespin PowerConvert  
<http://www.platespin.com/products/powerconvert/>  
Datum: 2009-01-30
- [82] Vizioncore vConverter  
<http://www.vizioncore.com/vConverter.html>  
Datum: 2009-01-30
- [83] Acronis TrueImage Echo Server  
<http://www.acronis.de/enterprise/products/ATISWin/>  
Datum: 2009-01-30
- [84] Vmware vCenter Converter Starter/Standalone  
<http://www.vmware.com/download/converter/>  
Datum: 2009-02-13
- [85] XenSource Virtual Disk Migration Utility  
<http://forums.citrix.com/thread.jspa?threadID=241595&tstart=0>  
Datum: 2009-02-13
- [86] Citrix XenConvert 1.1  
<http://support.citrix.com/article/ctx119472>  
Datum: 2009-03-13
- [87] SPEC - Virtualization Committee  
<http://www.spec.org/specvirtualization/>  
Datum: 2008-10-10

- 
- [88] Disktest.vbs 1.1  
<http://www.msxfaq.de/tools/disktest.htm>  
Datum: 2009-02-15
- [89] cpubusy.vbs  
<http://communities.vmware.com/message/493879>  
Datum: 2009-02-15
- [90] NetIO 1.26  
<http://www.nwlab.net/art/netio/netio.html>  
Datum: 2009-02-15
- [91] VMware Vmark–Virtualisierungs Benchmark  
<http://www.vmware.com/products/vmmark/overview.html>  
Datum: 2009-02-15
- [92] Muller Al, Williams David E. and Jones Andy, Beaver Stephen, Hart David E.,  
Payne David E., Pries Jeremy, Sumitt Paul:  
Skripting VMware Power Tools: Automating Virtual Infrastructure Administration  
Syngress Publishing, Inc., 2006  
ISBN: 978-1-59749-059-8
- [93] Citrix –Let`s get started with XenServer 5.0  
Workshop, Hands On Training: bit Wien  
Jens Brunsen (Citrix System Engineer)  
Datum: 2008-09-07
- [94] Citrix XenDesktop 3.0  
[http://de.ts.fujitsu.com/products/storage/disk/fibrecaat\\_sx/index.html](http://de.ts.fujitsu.com/products/storage/disk/fibrecaat_sx/index.html)  
Datum: 2009-04-29
- [95] DICOM – Storage- und Virtualisierungslösungen  
Roadshow Guntramsdorf  
Armin Havel, Werner Plank (Fujitsu Siemens) - SX Stagesysteme  
Marcus Plessl (HITACHI) - Modulare Stageselösungen–Storage für den Mittelstand  
Datum: 2008-09-07

- 
- [96] Microsoft „Server Virtualization Validation Program (SVVP)“  
<http://www.windowsservercatalog.com/svvp.aspx?svvppage=svvp.htm>  
Datum: 2009-04-29
- [97] Digi AnywhereUSB  
[http://www.digi.com/pdf/wp\\_ESXServer\\_AnywhereUSB.pdf](http://www.digi.com/pdf/wp_ESXServer_AnywhereUSB.pdf)  
Datum: 2009-04-29
- [98] Citrix XenDesktop 3.0  
<http://www.citrix.de/produkte/schnellsuche/xendesktop/>  
Datum: 2009-03-21
- [99] VMware View 3.0  
<http://www.vmware.com/de/products/view/>  
Datum: 2009-03-21
- [100] Open Virtualization Format (OVF)  
<http://xml.coverpages.org/ni2007-09-11-a.html>  
Datum: 2009-03-21
- [101] KVM - Kernel Based Virtual Machine  
[http://www.linux-kvm.org/page/Main\\_Page](http://www.linux-kvm.org/page/Main_Page)  
Datum: 2009-03-21
- [102] Citrix Poject „Independence“ (XenClient)  
<http://www.citrix.com/English/ps2/products/feature.asp?contentID=1685500>  
Datum: 2009-03-21



**Ist-Aufnahme-Checkliste**

Kunde:	Brosch, Josef Maschinenbau u. HandelsgmbH
Ort:	Baernbach
Datum:	31.01.2008 - 16.02.2008 Ergänzung 22.09.2008

	1	Server	Gesamt-Anzahl	6-12 virtuell		Serveri Namen								Server 7		Server 8	
		HW-Ausstattung		Mit Tool-Nr.		Server 1	Server 2	Server 3	Server 4	Server 5	Server 6	Server 7	Server 8				
1.1.1		Marke/Modell		1		FSC Primergy RX300S3	FSC Primergy RX300S3	FSC Primergy TX150S5	FSC Primergy TX150	FSC Primergy RX300S3	FSC Primergy RX300S3	VMware Server	VMware Server				
1.1.2		Prozessor		1,2		Intel P4 D946 3.0GHz	Intel Xeon DP5060 3.2GHz	Intel P4 D946 3.0GHz	Intel P4 D946 3.0GHz	Intel Xeon X5355 2.66GHz	Intel Xeon X5355 2.66GHz	VMware Server	VMware Server				
1.1.3		RAM		1,2		2GB DDR2 ECC PC2-4300	2GB DDR2 ECC PC2-4300	2GB DDR2 ECC PC2-4300	2GB DDR2 ECC PC2-4300	4GB FB-DDR2 ECC PC2-5300	4GB FB-DDR2 ECC PC2-5300	1GB zugewiesen	1GB zugewiesen				
1.1.4		Chipset		1,2		(266MHz) 533FSB	(266MHz) 533FSB	(266MHz) 533FSB	(266MHz) 533FSB	667FSB	667FSB	417GB	417GB				
1.1.5		HDD-Controller		1		Intel E7230	Intel E7230	Intel E7230	Intel E7230	LSI Logic Embedded MegaRAID SAS PCI-E ROMB 256MB	LSI Logic Embedded MegaRAID SAS PCI-E ROMB 256MB	LSI Logic Ultra320 SCSI	LSI Logic Ultra320 SCSI				
1.1.6		HDD		1		2 Sbk. 80GB als RAID1	2 Sbk. 80GB als RAID1	2 Sbk. 80GB als RAID1	2 Sbk. 80GB als RAID1	3 Sbk. 146GB als RAID5	3 Sbk. 146GB als RAID5	40GB virtuelle Disk zugewiesen	40GB virtuelle Disk zugewiesen				
1.1.7		NIC		1		1x Broadcom NetXtreme Gigabit Ethernet	1x Broadcom NetXtreme Gigabit Ethernet	1x Broadcom NetXtreme Gigabit Ethernet	1x Broadcom NetXtreme Gigabit Ethernet	1x Intel Pro 1000MT Server Gigabit Ethernet	1x Broadcom NetXtreme Gigabit Ethernet	AMD PCNet	AMD PCNet				
1.1.8		Servicevertrag/Garantiedauer/Anschaffungsdatum		g		ja/3 Jahre Vor-Ort/12-2006	ja/3 Jahre Vor-Ort/12-2006	ja/3 Jahre Vor-Ort/12-2006	nein/05-2004	ja/3 Jahre Vor-Ort/01-2008	ja/3 Jahre Vor-Ort/01-2008						
1.1.9		zusätzliche Redundanzen		o		15k/2Sbk/1Sbk	8Sbk (2x4/2Sbk/2Sbk)	15k/2Sbk/1Sbk	15k/1Sbk/1Sbk	8Sbk (2x4/2Sbk/2Sbk)	8Sbk (2x4/2Sbk/2Sbk)						
1.1.10		Stromverbrauch Server		m		Messung per Stromzange abzulesen sind: Teilerkennung (150W), 4x Switch (40W), 2xNAS (60W), 1*Firewall (15W), Kess 1: 4,3x234x1005W Kreis2: 4,0x224V= 936W = Nach Abzug 1450W f. alle Server											
1.1.11		Stromverbrauch Kessel		m		ca. 1000W elektr. Anschlussleistung											
1.1.12		Platzbedarf/Formfaktor		o		4 HE (Höheneinheiten)	2 HE	4 HE	4 HE	2 HE	2 HE						

	1.2	Software		1	Windows 2003 Server R2 SP2	Windows 2003 Server R2 SP2	Windows 2003 Server R2 SP2	Windows 2003 Server SP2	Windows 2003 Server SP2	Windows 2003 Server R2 x64 SP2	Windows 2003 Server R2 x64 SP2	Windows 2003 Server R2 x64 SP2	Windows 2003 Server R2 x64 SP2	Windows 2003 Server R2 x64 SP2	Windows 2003 Server R2 x64 SP2	Debian Linux 4.0 r3 Sarge x32 i386
1.2.1		Betriebssystem		1	Hardlock (USB-Dongle)-Server f. Lohnverrechnungsprogramm, FlexML License Server (f. CAD Software: ProE, Inventor, VMWareServer Dienste	Verzeichnis-Dienst (AD), DNS-Server, DHCP-Server, Haupt-File-Server, Bildfinder (Virensanner), Management/Update Server, Telebanking (ELBA, Sybase DB), VMWare Server 1.04 f. SRVBINDER7	MS Exchange-Server (Mailserver), GFI Faxmaker Server (Faxserver), VMware Server 2.0 f. SRVBINDER08	Backup-Dienste, Apache (WWW), MySQL - PHP - Perl FTP, Dienste für Intranet (Wiki)	Backup-Dienste, Apache (WWW), MySQL - PHP - Perl FTP, Dienste für Intranet (Wiki)	Heidi-SQL Service f. ERP (Tool f. MySQL-Server), SRVBINDER08, Java Runtime Environment Service 1.5.11	Heidi-SQL Service f. ERP (Tool f. MySQL-Server), SRVBINDER08, Java Runtime Environment Service 1.5.11	Heidi-SQL Service f. ERP (Tool f. MySQL-Server), SRVBINDER08, Java Runtime Environment Service 1.5.11	Heidi-SQL Service f. ERP (Tool f. MySQL-Server), SRVBINDER08, Java Runtime Environment Service 1.5.11	Heidi-SQL Service f. ERP (Tool f. MySQL-Server), SRVBINDER08, Java Runtime Environment Service 1.5.11	Heidi-SQL Service f. ERP (Tool f. MySQL-Server), SRVBINDER08, Java Runtime Environment Service 1.5.11	Debian Linux 4.0 r3 Sarge x32 i386
1.2.2		Servicepacks/Kernel		1												Kernel 2.6.18-6
1.2.3		wichtige aktive Dienste/Prozesse		1												
1.2.4		Hauptapplikation oder spez. Business Critical Applikationen		g												
1.2.5		allg./zusätzliche Applikationen/ Addons		1, o												
1.2.6		Abhängigkeiten der Server bzw. der Dienste untereinander (Start Reihenfolge der Server)		o, g												
1.2.7		Auslastungen (statisch) während des Betriebs (Netzwerklast, am Mo 11.02.08 10.00 Uhr):		4,5												

1.2.8		RAM (verfügbare/MB): 147MB / 357MB / 285MB RAM (zugesicherte MB): (% belegt): Server (Gesamtanz Bytes/s): Phys. Datenträger (Übertragungs-) /s Normal- (Leerlaufzeit %) /s Arbeitszeit (ca. Mo-Fr) mit 5.1)	Min / Max / Durchschnitt 147MB / 357MB / 285MB 771MB / 1045MB / 655MB 0% / 76% / 1,36% 0 MB/s / 14490KB/s / 43,9KB/s 1/s / 748/s / 8,9/s 54% / 100% / 99,8% 0MB/s / 17MB/s / 400KB/s	Min / Max / Durchschnitt 932MB / 1131MB / 970MB -0% / 43% / 2% 0 B/s / 19803KB/s / 249,8KB/s 1/s / 2287/s / 25,7/s -32% / 100% / 97,2% 0MB/s / 20MB/s / 5MB/s	Min / Max / Durchschnitt 1803MB / 2003MB / 1846MB -0% / 61,9% / 1,50% -0 B/s / 40,4KB/s / 0,007KB/s -0,2/s / 3418/s / 38,4/s -8,7% / 100% / 98,3% -0MB/s / 18MB/s / 300KB/s	Min / Max / Durchschnitt -2048MB / 2164MB / 2102MB -1429MB / 1529MB / 1475MB 0% / 83% / 1,47% 0 B/s / 32,8KB/s / 0,001KB/s -1/s / 884/s / 15,9/s -28,5% / 100% / 97,4% -0MB/s / 19MB/s / 2MB/s	Min / Max / Durchschnitt 2861MB / 2619MB / 2624MB -1971MB / 2042MB / 1977MB -0% / 33% / 0,05% 0 KB/s / 13,2KB/s / 0,004 KB/s -1/s / 748/s / 8,9/s 36,8% / 100% / 99,95% -0MB/s / 11MB/s / 100KB/s	nicht erfasst da bereits virtuell.....	
1.2.9		HDD-Belegung (Update 22.09.2008) Möglichkeit der Konsolidierung auf zentrales Storage	Partitionen: Größe/Frei: Dateisystem: 1 ist prinzipiell gegeben Spezial für SERVER2 der der Hauptfile-Server ist und auf D: nur mehr 15% frei hat!	C: 20GB/16GB S: 8GB/4GB D: 23GB/31GB E: 38GB/36GB alle NTFS	C: 34GB/28GB S: 8GB/4GB D: 22GB/20GB E: 31GB/31GB alle NTFS	C: 20GB/16GB S: 16GB/8GB D: 50GB/407GB alle NTFS	C: 20GB/15GB S: 16GB/8GB D: 50GB/407GB alle NTFS	10GB/5,2GB Ext3	
1.2.10		Kapazitätsplanung							
<b>Sicherung/Backup</b>									
1.3		Art der Sicherung	o, g	Symantec Backup Exec 11: Backup To Disk auf NAS (Network Attached Storage) in 2 getrennten Gebäuden verteilt					
1.3.1		In die Sicherung einbezogene Daten, Server	o, g	Alle Server hauptsächlich Daten (meist auf Part. D), keine Systemsicherung von Windows-Installationen bzw. Image					
1.3.2		Sicherungszeitpunkte	o, g	3x Täglich Mo-Fr (2x auf NAS Daten differentiell, 1x Exchange auf LokalDisk voll), Wöchentliche Lokale Exchange-Sicherung auf beide NAS (4 versch.), Wöchentliche Lokale Exchange-Sicherung auf beide NAS (2 versch.)					
1.3.3		Sicherungszeitmedium	o, g	versch. BackupToDisk-Ordner auf 2 Stk. NAS					
1.3.4		Wiederherstellungspläne/Häufigkeit	g	keine					
1.3.5									
1.4		<b>Sicherheit</b>							
1.4.1		Berechtigungen allg. Personen m. speziellen Rechten	g 1, g	nur admins (3 Personen) nur normale User mit A. Schlüssel (GF+IT)					
1.4.2		Serverzugang	g						
<b>Räumliche Bedingungen</b>									
2		Klimatlage	o, g	ja (1 Stk. Außenmontage)					
2.1		Stromversorgung	o, g	2 dezidierte Stromkreise (je 19" Schrank)					
2.2		Stromverbrauch	o, g	ja, EG					
2.3		Überschattung	o, g	nein					
2.4		Alarmierung	o, g	ja Temperatur, per SMS					
2.5		Räumliche Kosten	o, g	nicht bekannt					
2.6									
3		<b>Netzwerk</b>							
3.1		Topologie	o, g	Strukturierte KAT5e Verkabelung, 4Stk. 1GbT LWL zu versch. Gebäuden					
3.2		Hardware	o, g, 4	7 Stk. Linksys managem. 10/100/1000Mbit Switch 24-48Port					
3.3		IP-Adressen	g, 4	Class-C: 192.168.10.0-192.168.10.255					
3.4		Anbindung ans Internet	g	4Mbit synchron XDSL					
3.5		Wlan	g	2 Stk. Access Point 54b, g					
3.6		Stromverbrauch	m	7 Switche 40W + 8Stk. LWL-Umsetzer (5V)=320W					
<b>Legende:</b>									
Nr.	Tools	Zweck	Betriebssystem installierbar	Geräte/ OS inventarisierbar/überwachbar	Install/ Einstellungen/Betrieb				
1	LOGInventory	Aufnahme HW-Ausstattung, Software, Benutzer	Windows (NT4,2000,XP,2003)	Windows (ab 95), per SNMP: Linux, Unix, NAS, Drucker, Router	siehe Dok: "LOGInventory_v4.5.6.0_Instal l.doc"				
2	CPULZ 1.34	Prozessor, Speicher	Windows	Windows					
3	Aggregator v2.1	Aufnahme HW-Ausstattung	Linux	Linux	siehe Dok: "Process_Explorer_v11.0.4.doc"				
4	Process Explorer v11.0.4	Prozess, Auflistung, Ram-verbrauch, Threats, I/O Aktivität, Context Switching	Windows (NT4,2000,XP,2003, Vista)	Windows (NT4,2000,XP,2003, Vista)					
5	The Dude v3.0beta7	Netzwerk Monitoring, Überwachung	Windows (NT4,2000,XP,2003, Vista), Linux (per Wine)	per SNMP DNS, Netbios, IP scannbar: Server, PC, Drucker, Router, Switches, Gateway, Firewall, Drucker, NAS (Windows/Linux/Unix)	siehe Dok: "The Dude v3.0.7beta.doc"				
6	Perfmon (Performance Monitor)	je gleiches Performance-Ressourcen Monitoring per WMI möglich	Windows (2000,XP,2003, Vista)	Windows (2000,XP,2003, Vista)	siehe Dok: "Perfmon_Windows_2003.doc"				
g	Gespräch m. Ansprechperson	optische Kontrolle							
m	messen (Stromverbrauchszähler)								

## Anhang 2: Kundenbefragung/Erhebungsbogen

### Erhebungsbogen: Kundenbefragung /IST-Erhebung

Datum der Befragung: 24.09.2008

#### Zweck:

Erhebung/Befragung des Kunden über die Dienste/Aufgaben die gegenwärtig erfüllt/realisiert werden, welche zukünftig geplant sind, wie die allgemeinen/strategischen Entwicklungen sind und sich die Kostensituation darstellt?

Informationsquellen:

- **Firma: Josef BINDER Maschinenbau u. Handelsges.m.b.H.**
- **Befragung des EDV-Verantwortlichen**  
Personen: Josef Binder, B.Sc.
- **Eingesetzte Inventarisierungsprogramme**  
It. Ist Aufnahme Checkliste (siehe Anhang 1)

#### Zusammenfassung:

Aufgaben / Dienste IST-Zustand			
<b>Allgemeine Daten</b>			
Benutzeranzahl	75 User, 100 Workstations (PC, Notebooks, Terminals)		
Storagebedarf	Hauptfileservers (SRVBINDER02) reine Daten ca. 250GB, auf den ERP/DB-Server noch genug Platz		
Dateizuwachs / neue Dateiformate	Konsolidierung geplant, d.h. kurzfristig eher kein Zuwachs		
Server Wartungs-/Maintenance Laufzeiten	HW-Maintenance laufen im Dez. 2009 bei den Fileservers/Mailserver aus, ERP/DB-Server laufen im Jan. 2011 aus		
<b>Services</b>	<b>vorhanden</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Anmerkung / Notizen</b>
Benutzer Directory (AD)	x	2	Windows Active Directory auf SRVBINDER01+ SRVBINDER02
File-Server	x	2	SRVBINDER01+ SRVBINDER02
Print-Server	x	1	SRVBINDER02
Mailserver (Webaccess)	x	1	SRVBINDER03
DNS	x	2	SRVBINDER01+ SRVBINDER02
DHCP	x	1	SRVBINDER02
ERP-Anwendung	x	1	SRVBINDER05
Datenbank-Server	x	1	SRVBINDER06
Sicherungslösung	x	1	SRVBINDER04
CAD-Services	x	1	SRVBINDER01
Web-Services (Intranet, Wiki, Kalender)	x	2	SRVBINDER04 + SRVBINDER08
Fax-Server	x	1	SRVBINDER03
VPN Services, Firewall (Intrusion Prevention Services, Antivirus)	x	1	Dezitierte HW-Appliance
Zeiterfassungssystem	x	1	SRVBINDER04
Windows Update-Services (SWUS incl. Windows-DB)	x	1	SRVBINDER07
Zentrale Anti-Virus-Services	x	1	SRVBINDER02
Anti-Spam-Lösung	x	1	SRVBINDER03

**Fragestellung:**

**Welche zukünftigen Aufgaben und Dienste sind in den nächsten Jahren geplant?**

<b>Aufgaben / Dienste zukünftig geplant</b>		
<b>Services / Programme</b>	<b>Details</b>	<b>Einsatz geplant ab</b>
Benutzeranzahl-Entwicklung	ca. 10% Wachstum/Jahr erwartet	nächsten 3 Jahre
Allg. Geplante Programme	Dashboard (Controlling-Software)	2009
Externer Partnerzugriff	Ja, Extranet aufbauen	2009
Neue Geschäftsfelder	Servicelogbuch aller Anlagen für Kunden führen, Service erweitern	nächsten 3 Jahre
Terminalservices (gesicherter Zugriff von extern)	Für Verkäufer, Händler	2009-2010
Managementservices (Inventarisierung etc.)	Ja Software für Netzwerktopologieübersicht, Inventarisierung, etc. Open Source (Nagios-Linux) geplant	2009-2010
Einsatz eines Zentralen Storages	Ja, Konsolidierung der freien Ressourcen der einzelnen Server, Erweiterbarkeit	2009-2010
Zusätzliche Authentifizierungsmaßnahmen/ PortSecurity auf den Switches (z.B. Radius)	Nicht geplant	
Ausfallsicherheitsmöglichkeiten: Redundanz der Business Critical Applications	Ja nach Echtbetrieb ERP: ERP, Webservices (Intra-/Extranet)	2009-2010
Lastverteilungsmöglichkeiten: Business Critical Applications	Ja, wenn kostengünstig realisierbar	2009-2010

**Fragestellung:**

**Welche allgemeinen, IT-strategischen Entwicklungen sind in den nächsten 3 Jahren geplant bzw. abzusehen?**

<b>Allgemeine Entwicklungen</b>
ERP- System stetig ausbauen, erweitern (z.B. CAD-Services integrieren)
Intranet+ Extranet für Händlersupport ausbauen,
allgemein die Stabilität/Verfügbarkeit der IT-Landschaft zu erhöhen

**Fragestellung:**

Wie sind die Prioritäten der Erwartungen des Auftraggebers an die Lösung gereiht, bzw. welchen Mehrnutzen durch Virtualisierungsmöglichkeiten erwartet er sich?

<b>Prioritätenmatrix</b>			
<b>Kriterien</b>	<b>Priorität 1 (hoch)</b>	<b>Priorität 2 (mittel)</b>	<b>Priorität 3 (gering)</b>
<b>Usability (leichte Wartung):</b> Funktionen, Handhabung, Übersichtlichkeit, umfangreich aber nicht zu komplex	<b>X</b>		
<b>Verfügbarkeitsoptionen:</b> Redundanzmöglichkeiten, Lastverteilung, Skalierbarkeit, Downtime		<b>X</b>	
<b>Sicherheitsmerkmale:</b> Ausfallsicherheit; Sicherungs-/Wiederherstellungsvorgänge optimieren- vereinfachen, Disaster Recovery Möglichkeiten	<b>X</b>		
<b>Performanceverhalten:</b> „schnelleres arbeiten“ erwartet		<b>X</b>	
<b>Reportingmöglichkeiten:</b> Alarmierung, Warnungen, Rechtevergabe, Zugriffsmanagement, , Updatemanagement, Kostenstellenverrechnung			<b>X</b>
<b>Einsparungspotentiale:</b> Kostensenkungen erhofft durch? Antwort: Kostensenkung ist nicht das primäre Ziel, aber Kosten/Nutzen ist wichtig, insbesondere die bessere Wartbarkeit, Flexibilität, neue Inbetriebnahme von Servern/Services, Verfügbarkeit und dadurch ev. auch Senkung der TCO, Anschaffungskosten sollten wenn möglich gering sein		<b>X</b>	
<b>Supportmöglichkeiten:</b> Homogenität der Landschaft (ein Hersteller), Roadmap, zukünftige Entwicklung	<b>X</b>		

**Fragestellungen:**

Wie hoch belaufen sich die derzeitigen Kosten bzw. wie hoch ist der geplante Investitionsrahmen?

<b>Kostenrahmen</b>	
<b>Abklärungen</b>	<b>Antwort</b>
Wie viel sind Sie bereits auszugeben?	Noch keine genauen Vorstellungen über die Kosten
Wie hoch sind die laufenden Lizenzkosten (Schätzung)?	EUR 15.000.- /Jahr (nur die ERP-Wartung)
Wie hoch sind die Laufende Wartungskosten (Schätzung)?	Nicht bekannt
Welcher Amortisierungszeitrahmen wird erwartet (z.B. auch durch Stromersparnisse)?	Der Zeitrahmen ist nicht so wichtig (längerfristige Strategie)
Wie hoch sind die geschätzten Kosten, wenn der IT-Betrieb für 1 Std. (bzw. den ganzen Tag) nicht zur Verfügung steht?	Die Ausfallkosten belaufen sich auf ca. EUR 3.000.- pro Stunde





## Anhang 4:

### Platespin PowerRecon Inventory Edition 3.3.0.2626 (Beispielbetrieb)

#### Allgemein:

Im DataCenter Explorer gibt es 3 „Expression-Types“ (Auswertungs-Kategorien):

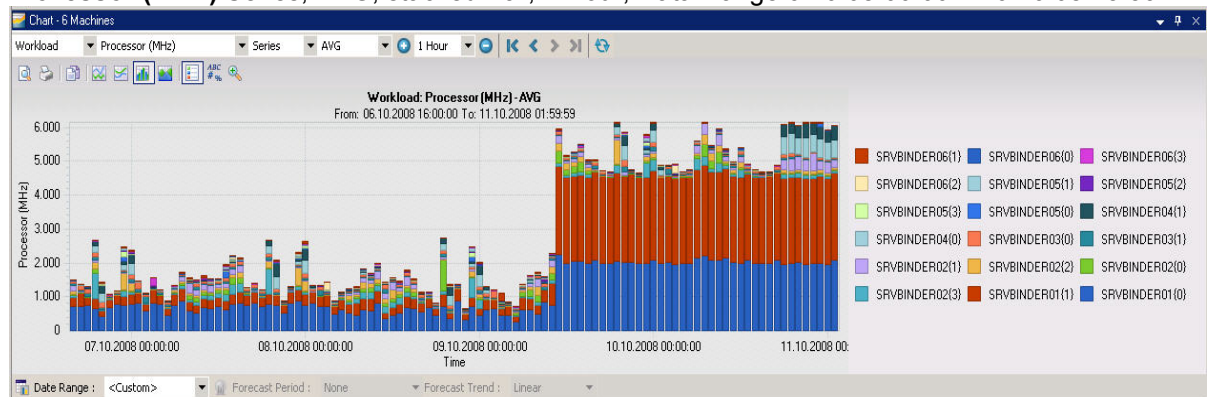
- **Workload:** (der Bedarf des Betriebssystems, Applikationen und Daten-Abfragen an Prozessor-Geschwindigkeit, Speicher, Disk, Netzwerk als nominaler Wert)
- **Utilization:** (das Verhältnis in % von Workload zu den Ressourcen)
- **Counter:** (einfache Performancewerte durch das Betriebssystem ermittelt)

#### Ziel:

**Ermittlung des durchschnittlichen (AVG) Workloads (Gesamtbedarfs) der jeweiligen Ressourcen (CPU, Disk, RAM, Network) von 6 Servern über eine Arbeitswoche beim Beispielbetrieb.**

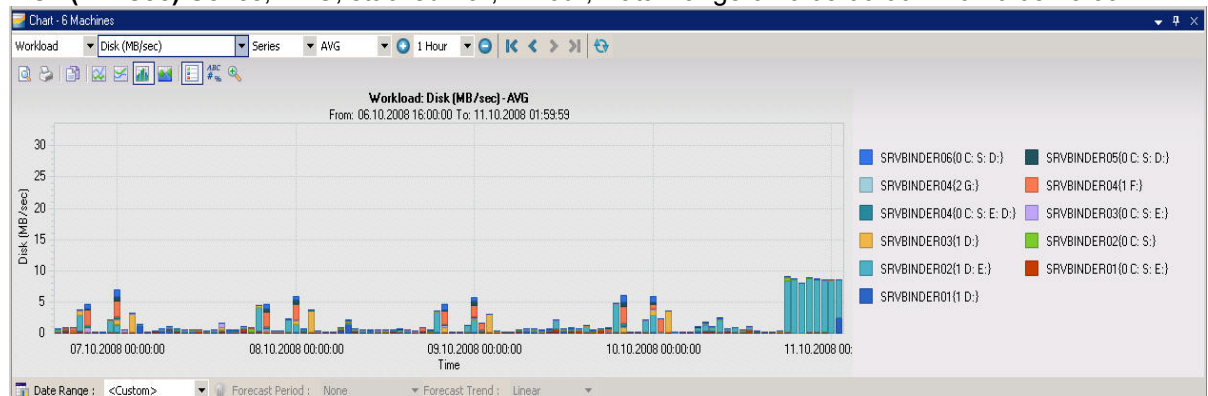
- Anzeige: als Serie "Stacked Bar" (Balkendiagramm)
- Intervall: 1 Stunde (Zeitgranularitäten von 5min, 1Std., 1Tag, 1 Woche möglich),
- AVG (Durchschnittswert, zusätzlich MIN, MAX, STDEV- standard deviation – Standardabweichung, und Peak AVG nur für 1 Tag, 1 Woche wählbar)
- Zeitraum benutzerdefiniert: von 8:00 -16:00 Uhr (Dienstzeiten) gewählt (weilers möglich: alle Daten, letzten 3 Tage, letzten 7 Tage, letztes Monat )

#### Prozessor (MHZ) Series, AVG, stacked Bar, 1 Hour, Data Range:6.10.08 00:00 – 10.10.08 23:59



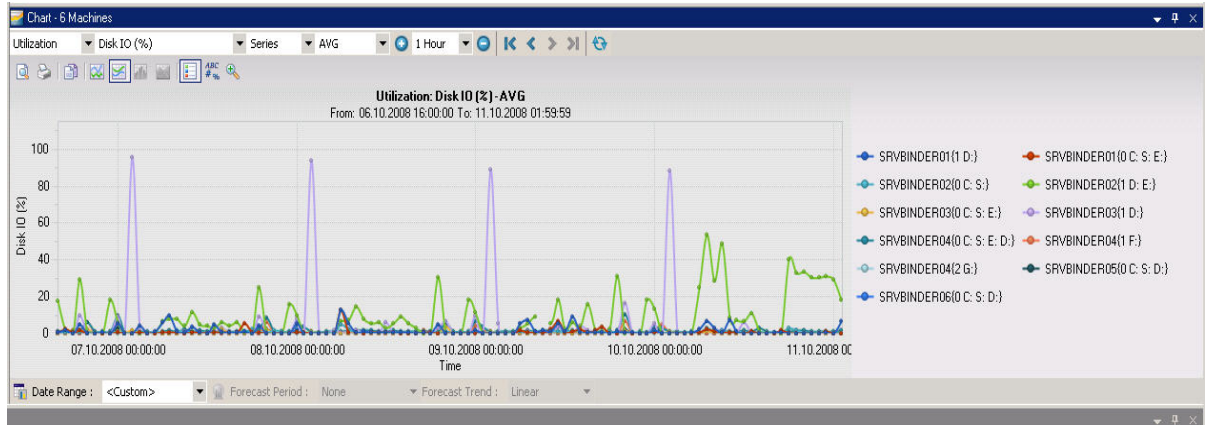
**Erkenntnis:** Durchschnittlich 2GHZ Prozessorlast, nur ab Do, Freitag von SRVBINDER01 (blau-, rote-Werte VMware Server incl. VMs) eine hohe Last (4500Mhz) verursacht, da die VM „hing“ (vom 09.10. 11:00 bis 14.10.) nach Neustart war der Wert wieder normal bei ca. 1000Mhz (für SRVBINDER01).

#### Disk (MB/sec) Series, AVG, stacked Bar, 1 Hour, Data Range:6.10.08 00:00 – 10.10.08 23:59



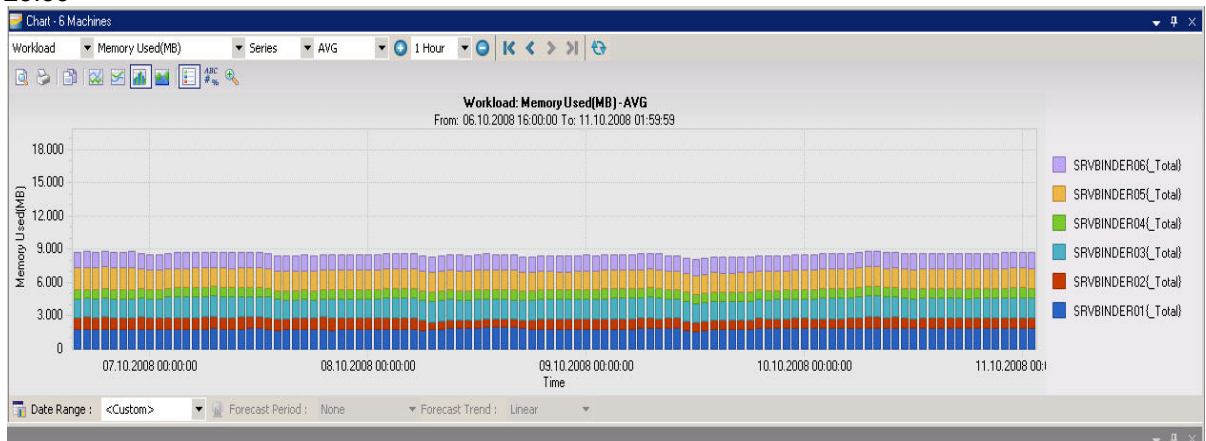
**Erkenntnis::** Durchschnittliche Aktivität ca. 5MB/Sec, am Ende der Woche (Freitag von SRVBINDER02-Dateiserver, türkis) erhöhte Werte durch Wochensicherung.

**Utilization: Disk IO (%) Series, AVG, stacked Bar, 1 Hour, Data Range:6.10.08 00:00 – 10.10.08 23:59**



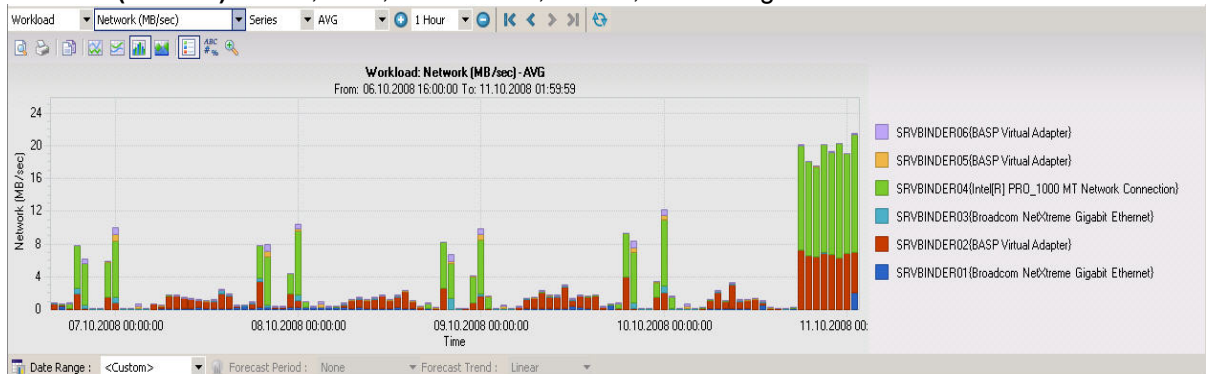
**Erkenntnis:** Spitzenwerte nur von SRVBINDER03 (Exchange Server-violett) um 02:00 Uhr täglich in der Nacht (Sicherung)!

**Memory Used (MB) Series, AVG, stacked Bar, 1 Hour, Data Range:6.10.08 00:00 – 10.10.08 23:59**



**Erkenntnis:** der RAM-Verbrauch ist gleichbleibend bei ca. 9GB. konstant

**Network (MB/sec) Series, AVG, stacked Bar, 1 Hour, Data Range:6.10.08 00:00 – 10.10.08 23:59**



**Erkenntnis:** Nur während der täglichen Sicherungszeiten (20:00 u. 00:00 auf SRVBINDER04 – hellgrün- BackupServer) und am Freitag (Wochensicherung- vom Fileserver SRVBINDER02 - rot) ist ein erhöhter Traffic festzustellen, sonst ca. 2-3MB/sec.



**Erwähnenswert:** „Forecasting“ Vorausschätzungen auf eine xxxxxx Periode mit Trendtyp xxxxx für das 1Tage u. 1Wochen Intervall möglich, 3 Aufzeichnungstage werden benötigt, diese Funktion ist aber nur in der kostenpflichtigen Version, die mir nicht zur Verfügung stand möglich.

Es gibt eine unzählige Anzahl von Report-Vorlagen im Report Explorer:  
Analyse, Kostenzuordnungen, Konsolidierung (fehlt in der Free 100 Server Version), Disk, Inventarisierung, Software, Volume. Diese Reports sind mit verschiedenen Filtern anpassbar z.B. an welchen Wochentagen+Zeiten, Darstellungen, Forecast, etc.

### Beispiel:

Analysis-Reports (zur Darstellung von Hardware Utilization und Workload Größen um eventuelle "Überlastungen" und "Unterbeschäftigungen" zu erkennen.

Die Reports auf folgende Datum-Filter angepasst:

Peak Forecast Reports auf Business Days: Mo-Fr 08:00-16:00

### Hardware Utilization - Peak

Hardware Utilization - Peak											
	Machine	Operating System	Memory			Processor			Disk		
■	Host	Type	Size (MB)	Used (%)		Total Speed (Mbit/s)	Used (%)		IO (%)		Total Size (GB)
				PEAK	Hour		PEAK	Hour	PEAK	Hour	
<input type="checkbox"/>	SRVBINDER01	Windows 2003	2048,0	96,0	9	6782,0	75,1	11	0,0	10	305,5
<input type="checkbox"/>	SRVBINDER02	Windows 2003	2048,0	54,4	10	7977,5	10,1	13	0,0	9	306,1
<input type="checkbox"/>	SRVBINDER03	Windows 2003	2048,0	92,2	8	6782,0	3,8	11	0,0	10	305,5
<input type="checkbox"/>	SRVBINDER04	Windows 2003	1024,0	90,4	10	3831,3	1,8	11	0,0	10	737,8
<input type="checkbox"/>	SRVBINDER05	Windows 2003 (64bit)	4096,0	59,5	8	10640,0	2,9	13	11,3	10	272,4
<input type="checkbox"/>	SRVBINDER06	Windows 2003 (64bit)	4096,0	34,6	10	10640,0	1,3	11	10,8	10	544,9

## Anhang 5: Sicherungs-Skript für VM's des MS Virtual Server 2005

```
@echo off

rem
rem Dieses Skript sichert/kopiert VM's vom MS Virtual Server 2005 VM's auf ein Netzlaufwerk
rem zuerst wird ein Netzlaufwerk verbunden, danach die Disk+Konfig-Dateien der VM's kopiert
rem 2 Sicherungs-Zustände werden aufbehalten
rem

echo *****
echo *   Sicherung der VM's vom MS Virtual Server   *
echo *****

C:
net use x: \\fs1\backupvm /user:netconcepts\admin *password*

rem kopieren der konfig-dateien
rem loeschen der 2.ten Sicherung

rmdir x:\vs2005-2 /S/Q
X:
move /y x:\vs2005 vs2005-2
mkdir x:\vs2005
C:
cd "C:\Documents and Settings\All Users\Documents\Shared Virtual Machines\"

xcopy *.* x:\vs2005\*.* /S/C/Y

rem kopieren der disk-dateien

copy C:\MS_VirtualMachines\*.* x:\vs2005\*.* /y

rem Netzlaufwerk wieder trennen
net use X: /delete

rem pause
```

---

## Anhang 6: Shutdown Skript für VM`s auf MS Virtual Server 2005

On Error Resume Next

```
Set objVS = CreateObject("VirtualServer.Application")
Set objVM = objVS.FindVirtualMachine("W2K3Test01")
```

```
Set objGuestOS = objVM.GuestOS
objGuestOS.Shutdown()
```

On Error Resume Next

```
Set objVS = CreateObject("VirtualServer.Application")
Set objVM = objVS.FindVirtualMachine("W2K3Test02")
```

```
Set objGuestOS = objVM.GuestOS
objGuestOS.Shutdown()
```

On Error Resume Next

```
Set objVS = CreateObject("VirtualServer.Application")
Set objVM = objVS.FindVirtualMachine("W2K3Test03")
```

```
Set objGuestOS = objVM.GuestOS
objGuestOS.Shutdown()
```

## Anhang 7: Restart-Skript für VM`s auf dem MS Virtual Server 2005R2

On Error Resume Next

```
Set objVS = CreateObject("VirtualServer.Application")
Set objVM = objVS.FindVirtualMachine("W2K3Test01")
```

```
objVM.Startup
```

On Error Resume Next

```
Set objVS = CreateObject("VirtualServer.Application")
Set objVM = objVS.FindVirtualMachine("W2K3Test02")
```

```
objVM.Startup
```

On Error Resume Next

```
Set objVS = CreateObject("VirtualServer.Application")
Set objVM = objVS.FindVirtualMachine("W2K3Test03")
```

```
objVM.Startup
```

## Anhang 8: Sicherungs-Skript der VM`s des VMware ESXi-Host

### „sichesxi.bat“

rem Skript zu Sicherung der virtuellen Maschinen am ESXi-Host

rem Stoppen der VMs:

```
C:\vmware-cmd.pl -H 192.168.110.7 -U root /vmfs/volumes/VM_Openfiler/W2K3R2x32-01/W2K3R2x32-01.vmx stop
C:\vmware-cmd.pl -H 192.168.110.7 -U root /vmfs/volumes/VM_Openfiler/W2K3R2x32-02/W2K3R2x32-02.vmx stop
C:\vmware-cmd.pl -H 192.168.110.7 -U root /vmfs/volumes/VM_Openfiler/W2K3R2x32-03/W2K3R2x32-03.vmx stop
C:\vmware-cmd.pl -H 192.168.110.7 -U root /vmfs/volumes/VM_Openfiler/W2K3R2x32-04/W2K3R2x32-04.vmx stop
C:\vmware-cmd.pl -H 192.168.110.7 -U root /vmfs/volumes/VM_Openfiler/W2K3R2x32-05/W2K3R2x32-05.vmx stop
C:\vmware-cmd.pl -H 192.168.110.7 -U root /vmfs/volumes/VM_Openfiler/W2K3R2x32-06/W2K3R2x32-06.vmx stop
C:\vmware-cmd.pl -H 192.168.110.7 -U root /vmfs/volumes/VM_Openfiler/W2K3R2x32-07/W2K3R2x32-07.vmx stop
```

rem Die VMs per ssh (WinSCP incl. skript) kopieren:

```
C:\WinSCP.exe /console /Skript="C:\sichesxi.txt"
```

rem Starten der VMs:

```
"C:\vmware-cmd.pl" -H 192.168.110.7 -U root /vmfs/volumes/VM_Openfiler/W2K3R2x32-01/W2K3R2x32-01.vmx start
"C:\vmware-cmd.pl" -H 192.168.110.7 -U root /vmfs/volumes/VM_Openfiler/W2K3R2x32-02/W2K3R2x32-02.vmx start
"C:\vmware-cmd.pl" -H 192.168.110.7 -U root /vmfs/volumes/VM_Openfiler/W2K3R2x32-03/W2K3R2x32-03.vmx start
"C:\vmware-cmd.pl" -H 192.168.110.7 -U root /vmfs/volumes/VM_Openfiler/W2K3R2x32-04/W2K3R2x32-04.vmx start
"C:\vmware-cmd.pl" -H 192.168.110.7 -U root /vmfs/volumes/VM_Openfiler/W2K3R2x32-05/W2K3R2x32-05.vmx start
"C:\vmware-cmd.pl" -H 192.168.110.7 -U root /vmfs/volumes/VM_Openfiler/W2K3R2x32-06/W2K3R2x32-06.vmx start
"C:\vmware-cmd.pl" -H 192.168.110.7 -U root /vmfs/volumes/VM_Openfiler/W2K3R2x32-07/W2K3R2x32-07.vmx start
```

### „sichesxi.txt“

# Alle Aufforderungen beantworten, damit das Skript nicht abbricht

option batch on

# Bestätigungen ausschalten (bei Überschreibversuchen)

option confirm off

# binary mode transfer einstellen

option transfer binary

# Passwort für die Verbindung

open root@192.168.110.7

# ins Quellverzeichnis wechseln

cd /vmfs/volumes/VM\_Openfiler/

# Kopieren des VM-Ordners auf den Backup-Ordner (Ziel)

get \* J:\ESX3\

# Verbindung schliessen

#close

# WinSCP schliessen

#exit

## Anhang 9:

### Sicherung der laufenden VM's des VMware ESX-Hosts mit VMBK (manuell und automatisch)

#### Befehl (manuell als root):

# Dieser Befehl sichert alle VM's (-a) inklusive ESX-Konfiguration (-F) und erstellt ein Wiederherstellungsskript (-c) auf das Backup-Volume des Openfiler (VM\_Backup-ISO), sendet eine E-Mail und legt eine Logdatei an.

```
vmbk.pl -d /vmfs/volumes/VM_Backup-ISO -a -c -F -e smtp=smtp.netconcepts.at,from=esx-
vmbk@netconcepts.at,to=office@netconcepts.at -l /vmfs/volumes/VM_Backup-ISO/logvmbk.log
```

#### Ablauf (automatisch) über folgenden „/etc/crontab“-Eintrag:

# Jeden Tag um 22.00h alle VMs auf den Openfiler (VM\_Backup-ISO) sichern, Log-Datei anlegen und eine  
# E-Mail senden (wie in der vmbk.conf definiert)

```
0 22 * * * root /usr/local/bin/vmbk.pl -C /usr/local/etc/vmbk.conf > /dev/null 2>&1
```

#### vmbk.conf (gelb markiert sind default-geänderte Werte)

```
#Version 1.01.2
#set timeout
Timeout=60000
#minimum space required for add RedoLOG
minspaceforRedo=1024
# backup esx host configuration
backupESX=true

BackupSession="Taeglich"
#directory where file
destination=/vmfs/volumes/VM_Backup-ISO/

#minimum space required for backup
minspace=1024
#minimum space required for add RedoLOG
minspaceforRedo=1000
#vmbk do not create subdirectory
FlatDir=false
#Create a restore shell Skript
Restore=true
# Backup configuration file and CMOS
BackupVMX=true
# the exported virtual disk contains the redo log if exist
BackREDO=false
#disk format VMDK or DSK
DiskFormat=VMDK
#Backup all Guest
BackupAllGuest=true
#format of log HTML or TEXT
LogFormat=TEXT
#log file an directory with number of day in file name
logfile=/vmfs/volumes/VM_Backup-ISO/vmbk.log
```

```
#use cp command to disk instead of vmkfstools
usecp=false
#use vmkfstool(raw mode more faster than cp. !!!!caution with smb share!!!!) command to disk instead of cp
vmkfstoolsrawmode=false
#create a tar.gz file one for each disk inside a unique guest directory
usetar=false
#create a tar.gz one for each vm guest with inside all owned file
usetaronefile=false
#create a zip for each vm guest
usegzip=false

#tardir=/tmp not more used

# true or false
email=true
smtpserver=smtp.netconcepts.at
to=office@netconcepts.at
from=vmbk-esx@netconcepts.at
encode=base64
html=true

# Force dismount before a mount operation
forcedismount=false

# Mount a nfs volume
nfs=false
nfsmount=host:/vol
nfsmountpoint=/vmbk
nfsoptions="soft"

# mount a samba volume
smb=false
smbserver=//smbserver/share
smbuser=domain\\user
smbpasswd=password
smbmountpoint=/vmbk
#smboptions=%none%

# true or false
ftp=false
ftpserver=server
ftpdire="/"
ftpuser=user
ftppasswd=password
# true or false
ftppassive=false
#ftptimeout value expressed in sec
ftptimeout=20

predirname=%none%
# predirname=%hostname%
# predirname=%date%
# predirname=%time%
# -N file create a list of backup files

# Create a list of file to backup
backupdisklist=false
backupdisklistfile=/tmp/vmbklist

# only do add redo (without redo commit)
onlyaddredo=false
# only do redo commit (without add redo)
onlyredocommit=false
```

## Anhang 10:

### Sicherung der VM's und Host-Metadaten des Citrix XenServers

#### backupvm.sh

```
# Skript zum Sichern der VM's und Pool-Metadaten des XenServers
# Hinweise: backupvm.sh nach /usr/local/bin kopieren, chmod 777 backupvm.sh
```

```
# Verzeichnis anlegen, mounten
mkdir /vmbbackup
chmod 777 vmbbackup
mount //192.168.110.59/backup -o user=backupuser -o pass=1Supervisor2 /vmbbackup || exit -2
```

```
# erste VM herunterfahren, backup (exportieren), hochfahren
DATE=`date +%Y-%m-%d`
VM_NAME="W2K3R2-x32-01"
FILENAME=" VM-W2K3R2-x32-01_ $DATE.xva "
```

```
# xe vm-shutdown force=true vm=$VM_NAME
# wenn xentools installiert sind nicht nötig
xe vm-shutdown vm=$VM_NAME
xe vm-export --nossli vm=$VM_NAME filename=/vmbbackup/$FILENAME
xe vm-start vm=$VM_NAME
```

```
# zweite VM herunterfahren, backup (exportieren), hochfahren
DATE=`date +%Y-%m-%d`
VM_NAME="W2K3R2-x32-02"
FILENAME=" VM-W2K3R2-x32-02_ $DATE.xva "
xe vm-shutdown vm=$VM_NAME
xe vm-export --nossli vm=$VM_NAME filename=/vmbbackup/$FILENAME
xe vm-start vm=$VM_NAME
```

```
#
# usw. bis zu letzten Virtuellen Maschine
#
```

```
#Backup Pool-Metadata
DATE=`date +%Y-%m-%d`
xe pool-dump-database file-name=/vmbbackup/backup-pool-metadata_ $DATE
```

```
# Backup der Host Konfiguration und Software (Dom0)
xe host-backup host=xen01 file-name=/vmbbackup/backup-host-conf-sw-xen01
xe host-backup host=xen02 file-name=/vmbbackup/backup-host-conf-sw-xen02
```

```
umount /vmbbackup
rm -fr /vmbbackup
```

#### Ablauf (automatisch) über folgenden „/etc/crontab“ -Eintrag:

```
# Tägliches Backup der VM's um 22:00 Uhr
PATH=/sbin:/bin:/usr/sbin:/usr/bin:/usr/local/bin
0 22 * * * /usr/local/bin/backupvm.sh
```

## Anhang 11: Leistungsmessungen der Virtualisierungslösungen

Leistungsmessungen					
VMware Server 2.0	16.02.2009	Primergy RX300/8GB 1xNIC	4*1,6GHZ= 6400 Mhz	nur eine 1 Netzwerkkarte	
Werte/Anzeige	Ø Disk (kByte/s schreiben) VMware-Leistung	Ø Disk (Mbit/s schreiben) "Disktest.vbs"	Ø CPU (Mhz) VMware-Leistung	Ø Netzwerk (kByte/s) VMware-Leistung	Ø NetIO-TX Netzwerk (MByte/s bei Blockgrößen: 1k(kByte)/2k/4k/8k/16k/32k)
Host					
VM1	2000	0,1 - 21	843	10500	4/25/38/37/26/33
VM2			931	7200	4/15/18/11/13/20
VM3	1160	0,1 - 22	868	8600	3/16/34/25/19/17
VM4			905	5500	4/17/12/13/20/10
VM5	2120	0,1 - 11	914	9800	4/14/16/10/24/16
VM6			933	6500	4/31/14/8/25/16
VM7	385	0,1 - 4,8	920	5900	4/17/10/20/10/10
Summen	5665	stark schwankend	6314	54000	RX weniger, sehr stark schwankend

Anmerkungen: je länger mit NetIO gleichzeitig auf die VM's zugegriffen wurde, desto geringer waren die CPU-Unterschiede der VM's, obwohl auf VM2,4,6,7 das "cpubusy-script" lief (Unterschied war am Anfang sehr deutlich erkennbar...)

VMware ESX 3.5i	15.03.2009	Primergy RX300/8GB 2xNIC	CPU: 4*100%= 400%	2x Netzwerkkarten gebündelt	
Werte/Anzeige	Ø Disk (kByte/s schreiben) VMware-Leistung	Ø Disk (Mbit/s schreiben) "Disktest.vbs"	Ø CPU (%) VMware-Leistung	Ø Netzwerk (kByte/s) VMware-Leistung	Ø NetIO-TX Netzwerk (MByte/s bei Blockgrößen: 1k(kByte)/2k/4k/8k/16k/32k)
Host					
VM1	4800	5 - 21	49	17000	12/15/22/16/19/20
VM2			56	19500	15/13/22/24/23/20
VM3	4500	6 - 26	51	16500	15/15/22/21/24/23
VM4			54	18500	15/15/19/22/23/24
VM5	4900	6 - 26	49	15100	13/15/18/18/20/21
VM6			53	17200	14/16/21/23/21/20
VM7	1750	1 - 11	53	5500	9/13/19/18/19/18
Summen	15950	stark schwankend	365	109300	RX weniger, leicht schwankend

Anmerkungen: NetIO-Durchsätze bei größeren Blockgrößen leicht höher als bei Xen, alle VM's bei den CPU-Werten relativ ausgeglichen, Diskdurchsatz etwa gleich wie beim XenServer



<b>VMware ESX 3.5U3</b>	15.03.2009	Primergy RX300/8GB 2xNIC	CPU: 4*100%= 400%	2x Netzwerkkarten gebündelt	
Werte/Anzeige	Ø Disk (kByte/s schreiben) VMware-Leistung	Ø Disk (Mbit/s schreiben) "Disktest.vbs"	Ø CPU (%) VMware-Leistung	Ø Netzwerk (kByte/s) VMware-Leistung	Ø NetIO-TX Netzwerk (MByte/s bei Blockgrößen: 1k(kByte)/2k/4k/8k/16k/32k)
Host					
VM1	5800	3 - 25	50	16900	15/16/26/20/25/25
VM2			55	18500	14/15/19/21/19/17
VM3	3900	3 - 27	51	18300	13/15/19/20/21/22
VM4			56	19400	12/14/20/19/21/19
VM5	5700	5 - 32	48	17300	11/11/15/17/19/15
VM6			54	19200	13/19/20/20/20/20
VM7	500	1 - 7	53	12000	11/10/16/18/19/18
Summen	15900	stark schwankend	367	121600	RX weniger, leicht schwankend

Anmerkungen: NetIO-Durchsatz ist nochmals leicht höher als beim ESXi bzw. XenServer, sonstige Werte relativ gleich wie beim ESXi

Citrix XenServer 5.0	11.03.2009	Primergy RX300/8GB 2xNIC	CPU: 4*100%= 400%	2x Netzwerkkarten gebündelt	
iSCSI Openfiler					
	ø Disk (MB/s schreiben) XenCenter Leistung	ø Disk (Mbit/s schreiben) "Disktest.vbs"	ø CPU (%) XenCenter	ø Netzwerk (MB/s ) XenCenter- Leistung	ø NetIO-TX Netzwerk (MByte/s bei Blockgrößen: 1k(kByte)/2k/4k/8k/16k/32k)
Werte/Anzeige					
Host					
VM1	7	12 - 27	40	14	9/13/14/15/14/20
VM2			60	11	11/7/12/9/8/11
VM3	2	8 - 25	42	22	15/15/17/18/18/23
VM4			62	21	13/6/7/7/8/11
VM5	1,7	6 - 24	40	18	11/11/15/16/15/15
VM6			63	12	7/10/8/7/9/11
VM7	5	2 - 14	52	11	9/10/13/12/11/12
Summen	15,7	leicht schwankend	359	109	RX weniger, mittelm. schwankend

Anmerkungen: Auf den VM's wo das "cpubusy-skript" läuft gibt es eine höhere CPU-Auslastung, gleichzeitig war dort der NetIO-Durchsatz geringer, d.h. der XenServer gibt den VM's die mehr CPU brauchen auch diese Anteile, verringert dadurch aber auch andere Werte wie z.B. Netzwerk -> bei VMware werden alle (CPU nach längerer Laufzeit) "eingeelevert". Der Diskdurchsatz ist relativ gleich --> Vergleich ESX: CPU+Disk gut bzw. leicht besser, Netz leicht schlechter

Citrix XenServer 5.0	11.03.2009	Primergy RX300/8GB 2xNIC	CPU: 4*100%= 400%	2x Netzwerkkarten gebündelt	
Fibre Channel: FSC SX60					
Werte/Anzeige	Ø Disk (MB/s schreiben) XenCenter Leistung	Ø Disk (Mbit/s schreiben) "Disktest.vbs"	Ø CPU (%) XenCenter	Ø Netzwerk (MB/s ) XenCenter- Leistung	Ø NetIO-TX Netzwerk (MByte/s bei Blockgrößen: 1k(kByte)/2k/4k/8k/16k/32k)
Host					
VM1	5	1 - 25	34	3,4	12/16/16/12/8/12
VM2			61	3,2	14/13/14/16/16/12
VM3	6	2 - 27	27	3,4	8/8/13/13/13/9
VM4			62	5,6	6/9/8/14/13/14
VM5	6	1 - 32	32	3	12/14/17/13/13/15
VM6			63	2,6	11/16/16/12/11/10
VM7	4	2 - 27	34	2,7	7/12/10/14/13/9
Summen	21	stark schwankend	313	23,9	RX weniger, stark schwankend

Anmerkungen: Vergleichs-Messungen mit einem Fibre Channel Storage von FSC mit 5 Stk. SATA 250GB als Raid5, 1LUN (300MB) auf denen alle virtuelle Disken liegen, der Diskdurchsatz war geringer was nur aufgrund der geringeren Leistungsfähigkeit des Storage (Disken, Raid-Level, Prozessor) erklärbar wäre, da FC schneller als iSCSI sein müsste!

Parallels Virtuozzo Containers 4.0	18.03.2009	Primergy RX300/8GB 2xNIC	CPU: 4*100%= 400%	2x Netzwerkkarten gebündelt	
Werte/Anzeige	Ø Disk (Mbit/s schreiben) "Disktest.vbs"	Ø CPU (%) Virtuozzo Monitor	Ø Netzwerk (MB/s ) Virtuozzo Monitor	Ø NetIO-TX Netzwerk (MByte/s bei Blockgrößen: 1k(kByte)/2k/4k/8k/16k/32k)	
Host			bis 43MB/s		
Container1	0,1 - 31	17	11	10/12/10/13/12/13	
Container2		48	5	9/10/12/10/12/10	
Container3	0,1 - 34	10	10	5/5/6/4/8/9	
Container4		66	4,5	7/9/6/10/10/9	
Container5	0,1 - 29	11		6/6/8/6/8/8	
Container6		59	6	7/6/8/8/10/12	
Container7	0,1 - 34	75	4	3/5/6/8/10/10	
Summen	stark schwankend	286	40,5	RX weniger, mittelm. schwankend	

Anmerkungen: Der Diskdurchsatz mit dem Disktest.vbs cmd erreicht zwar hohe Werte schwankt aber stark, NetIO-Durchsatz ist geringer als bei ESX u. XEN, die CPU-Auslastung per Container auf dem das "cpubusy-script" ist sehr verschieden ,der RAMbedarf pro Container nur ca. 85MB

## **Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt zu haben.

Bärnbach, den 19.05.2009

Ing. Dietmar Gruber